

**Die Reproduzierbarkeit des oralen Glukosetoleranztestes  
vor und nach Ergometerbelastung**

Michael Baborka

---

1977

---







Aus der II.Medizinischen Klinik der Universität München

Direktor : Prof.Dr.med. E. Buchborn

Die Reproduzierbarkeit des oralen Glukosetoleranztestes  
vor und nach Ergometerbelastung +)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Michael Baborka  
aus München

München 1976

---

+ ) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität  
München

Berichterstatter : Prof. Dr.med. P.Dieterle  
Mitberichterstatter : Prof. Dr.med. E.Buchborn  
Dekan : Prof. Dr.med. W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 25. Januar 1977



DISSERTATIONS— UND FOTODRUCK FRANK oHG  
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Meinen Eltern



Herrn Prof.Dr.P.Dieterle danke ich für die Überlassung des Themas. Ebenso möchte ich mich bei meinem Doktorvater für die ständige Bereitschaft zur Diskussion und Unterstützung bei der Abhandlung dieses Themas bedanken.Besonders hervorheben möchte ich,daß ich bei Herrn Prof.Dieterle nicht nur bei der Abfassung der Doktorarbeit jegliche Unterstützung fand,sondern durch ihn auch bei Famulatur und klinischer Visite einen Großteil an klinischem Unterricht erhielt. Weiterhin möchte ich mich bei Herrn cand.med.D.Frommelt bedanken,der für mich die Insulinbestimmungen durchführte. Nicht zuletzt bin ich schließlich meinem Vater,Herrn Ernst Baborka, für das Anfertigen der Zeichnungen zu großem Dank verpflichtet.



## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                                          | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.0.0. Einleitung                                                                                                        | 1     |
| 2.0.0. Methodik                                                                                                          | 2     |
| 2.1.0. Versuchsaufbau                                                                                                    | 2     |
| 2.2.0. Substratanalysen                                                                                                  | 3     |
| 2.2.1. Glukose-Bestimmung                                                                                                | 4     |
| 2.2.2. Bestimmung der NFS im Serum                                                                                       | 5     |
| 2.2.3. Bestimmung des Insulins                                                                                           | 6     |
| 2.3.0. Beurteilung der Blutzuckerkurven<br>beim oGTT                                                                     | 7     |
| 2.4.0. Statistische und mathematische<br>Auswertung der Meßergebnisse                                                    | 8     |
| 3.0.0. Patientengut                                                                                                      | 10    |
| 4.0.0. Ergebnisse                                                                                                        | 12    |
| 4.1.1. Verhalten der Glukose beim oGTT unter<br>GU-Bedingungen und nach Arbeit                                           | 12    |
| 4.1.2. Beeinflussung des oGTT durch Ergometer-<br>arbeit; dargestellt an zwei Einzelfällen                               | 22    |
| 4.2.0. Verhalten des immunologisch meßbaren<br>Insulins (IMI) im Serum nach oGTT unter<br>GU-Bedingungen und nach Arbeit | 26    |
| 4.3.0. Korrelation zwischen den Flächen unter<br>den Glukosekurven und den Flächen unter<br>den IMI-Kurven               | 28    |
| 4.4.0. Verhalten der NFS im Serum nach oGTT un-<br>ter GU-Bedingungen und nach Arbeit                                    | 31    |
| 5.0.0. Tabellen                                                                                                          | 33    |
| 6.0.0. Diskussion                                                                                                        | 47    |
| 7.0.0. Zusammenfassung                                                                                                   | 62    |
| 8.0.0. Literaturverzeichnis                                                                                              | 64    |

## Erklärung der Abkürzungen

|           |                                           |
|-----------|-------------------------------------------|
| A         | Arbeit                                    |
| FFS       | freie Fettsäuren (=NFS)                   |
| GOD       | Glukose-Oxydase                           |
| GU        | Grundumsatz                               |
| IMI       | immunologisch meßbares Insulin<br>(=IRI)  |
| IRI       | immunologisch reaktives Insulin<br>(=IMI) |
| NFS       | nicht veresterte Fettsäuren (=FFS)        |
| oGTT      | oraler Glukosetoleranztest                |
| SD        | standard deviation                        |
| SE        | standard error                            |
| VK        | Variationskoeffizient                     |
| $\bar{x}$ | Mittelwert                                |

## 1.O.O. EINLEITUNG

Zur Prüfung des Kohlenhydratstoffwechsels und zur Diagnose eines Diabetes mellitus stehen heute verschiedene Belastungstests zur Verfügung, die letztlich alle darauf hinauslaufen, die Insulinsekretion des Pankreas zu stimulieren.

Eine einfache und doch zuverlässige Methode ist der orale Glukosetoleranztest (oGTT).

In Deutschland wird dieser Test heute fast immer mit einer oralen Gabe von 100 g in Wasser oder Tee gelöster Glukose durchgeführt, da sich gezeigt hat, daß bei dieser Glukosemenge die Stimulation der  $\beta$ -Zellen des Pankreas stärker und länger anhaltend ist und der Test gegenüber geringeren verabreichten Glukosemengen eine größere diagnostische Wertigkeit erhält. (45). Zum anderen werden 100 g Glukose vom Patienten noch relativ gut toleriert, so daß gastrointestinale Reaktionen wie Nausea und Erbrechen selten auftreten (2,41,45).

Da dieser Test jedoch den unterschiedlichsten endogenen und exogenen Einflüssen unterliegt, häufen sich immer mehr die Forderungen nach der Schaffung von standardisierten Testbedingungen, um das Auftreten von falsch positiven und insbesondere von falsch negativen Ergebnissen möglichst zu vermeiden (40).

Es ist bekannt, daß verschiedene Krankheiten, eine Reihe von Medikamenten, unterschiedliche Durchführungsarten des oGTT und verschiedene Verhaltensweisen seitens des Patienten den Test so verändern können, daß falsche diagnostische Schlußfolgerungen gezogen werden.

Außer Zweifel steht auch die Beeinflussung der Testergebnisse durch Muskelarbeit (40).

Inwieweit sich dieser Effekt bemerkbar macht, war die Grundfrage der vorliegenden Arbeit.

Aus diesem Grunde wurde bei 28 Probanden je zweimal ein oGTT durchgeführt und zwar einmal unter GU-Bedingungen, das andere Mal nach 15-minütiger Ergometerbelastung.

## 2.0.0. METHODIK

### 2.1.0. Versuchsaufbau

Der oGTT wurde stets mit 100 g in Wasser gelöster Glukose durchgeführt (Lösungsmenge 200 ml).

Die Glukoselösung sollte zügig, d.h. in maximal zwei Minuten ausgetrunken werden.

Je nach Testbedingungen (siehe unten) wurden den Probanden sechs- bzw. siebenmal 10 ml Blut aus einer Armvene entnommen. Bei GU-Bedingungen waren die Zeitpunkte der Blutentnahmen bei 0 - 30 - 60 - 90 - 120 und 180 Minuten nach dem Probetrunk; bei vorausgehender Ergometerbelastung wurde vor der körperlichen Betätigung (bei minus 15 Minuten) eine zusätzliche (Nüchtern-)Probe entnommen.

Um die Belästigung der Probanden durch wiederholte Kanüleneinstiche und eine möglicherweise damit verbundene Stress-Provokation zu umgehen, wurde die Kanüle nach der ersten Blutentnahme belassen und fixiert. Das Lumen der Kanüle wurde durch eine Infusion von physiologischer Kochsalzlösung offengehalten. Zur Vermeidung von Verdünnungseffekten wurde die Tropfzahl der Infusion auf ein Minimum (10 bis 20 Tr./min) reduziert; aus dem gleichen Grunde wurden die ersten 4 bis 5 ml jeder Blutprobe verworfen.

#### Testbedingungen

Jeder Proband mußte sich zweimal dem oGTT unterziehen und zwar

a) unter Grundumsatzbedingungen (GU)

b) nach einer 15-minütigen Arbeit am Fahrradergometer bei 75 Watt (A).

zu a) Unter GU-Bedingungen verstanden wir eine 12-stündige Nahrungskarenz und eine ebensolange Bettruhe vor dem Test.

zu b) Vor der 15-minütigen Ergometerbelastung hatte der Proband wie unter a) GU-Bedingungen einzuhalten; der oGTT wurde nach der Ergometerarbeit durchgeführt. Bei dem Ergometer handelte es sich um ein drehzahl-unabhängiges Liege-Fahrradergometer (Firma E. Jaeger, Würzburg: Universal-Ergometer Ergotest).

Weitere Voraussetzungen für die Durchführung des Tests waren:

- 1) Der Proband sollte sich in einer möglichst guten gesundheitlichen Verfassung befinden. Akut und/oder fieberhaft erkrankte und bettlägerige Patienten waren von dem Test ausgeschlossen.
- 2) Die Ernährung sollte vor und zwischen den Tests aus normaler und kohlenhydratreicher Kost bestehen.
- 3) Die Reihenfolge der Tests unter den beiden unterschiedlichen Bedingungen GU und Arbeit war nicht festgelegt.
- 4) Zur Vermeidung von tageszeitlich bedingten Schwankungen des oGTT setzten wir den Testbeginn jeweils auf 8<sup>00</sup> morgens fest; die Bettruhe und Nahrungskarenz begann somit am Vortage um 20<sup>00</sup>. (28)
- 5) Der Zeitraum zwischen den beiden Tests betrug mindestens vier, höchstens aber zehn Tage.

## 2.2.0. Substratanalysen

Aus den venösen Blutproben wurden Glukose, nicht-veresterte (freie) Fettsäuren (NFS bzw. FFS) und das immunologisch messbare Insulin (IMI) bestimmt.

### 2.2.1. Glukose-Bestimmung

Verwendete Reagenzien:

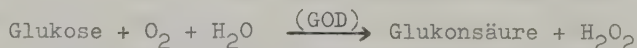
- 1) Zur Enteiweißung des Vollblutes: 0,16 %-iges Uranylazetat (zu 0,1 ml Blut wurde jeweils 1,0 ml Uranylazetat gegeben).
- 2) Zur photometrischen Bestimmung:  
Biochemica-Test-Kombination der Firma Boehringer-Mannheim bestehend aus:
  - a) 0,1 M Phosphat-Puffer (pH = 7,0)  
40 µg POD/ml ; 250 µg GOD/ml
  - b) 6,6 mg o-Dianisidin-hydrochlorid/ml
  - c) Standard-Lösung mit 9,1 mg Glukose/100 ml

Durchführung der Bestimmung:

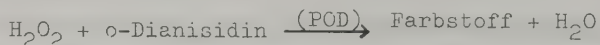
Zur Glukosebestimmung wurde grundsätzlich Vollblut verwendet, das sofort nach der Entnahme mit Uranylazetat enteiweißt wurde. Nach dem Zentrifugieren und dem Ansatz mit der Testkombination wurden die Proben photometrisch im Eppendorf-Photometer bei einer Wellenlänge von 436 nm bestimmt.

Prinzip der GOD-Methode:

Die Glukose wird durch das spezifische Enzym Glukose-Oxydase (GOD) zu Glukonolakton oxydiert, das in wässriger Lösung in Glukonsäure übergeht:



Das bei dieser Reaktion entstehende  $\text{H}_2\text{O}_2$  dehydriert in Gegenwart von Peroxydase (POD) o-Dianisidin zu einem rotbraunen Farbstoff, dessen Intensität direkt proportional der Glukosekonzentration ist.



Berechnung der Blutzuckerkonzentration:

$$\frac{\text{Extinktion (Probe)}}{\text{Extinktion (Standard)}} \cdot 100 = \text{mg \% Glukose}$$

Genauigkeit und Störanfälligkeit der Methode:

Die GOD-Methode ist glukose-spezifisch; andere im Blut eventuell auftretende Zucker wie Fruktose, Galaktose oder Pentosen werden nicht miterfaßt.

Reduzierende Substanzen wie Glukuronsäure, Kreatinin oder Harnsäure stören mit den im Blut auftretenden Mengen den Ablauf der Reaktion nicht.

Erhöhte Konzentrationen von Glutathion oder Ascorbinsäure (über 10 mg/100 ml Blut) können zu niedrige Blutzuckerwerte vortäuschen.

Die durch die GOD-Methode ermittelten Blutzuckerwerte liegen durchschnittlich etwas höher als die mittels der Hexokinase-Methode ermittelten Werte.

Der Variationskoeffizient dieser Meßmethode liegt unter  $\pm 5\%$ . (6)

#### 2.2.2. Bestimmung der NFS im Serum:

Verwendete Reagenzien:

1) Chloroform

2) Kupferreagenz:

a)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$  (6,5 %-ig)

b) 9 Teile 1 M Triäthanolamin + 1 Teil 1 N Essigsäure.

Die Lösungen a) und b) werden im Verhältnis 1 : 1 gemischt.

3) Natrium-diäthyl-dithiokarbaminat als 0,1 %-ige Lösung in sekundärem Butanol.

$(\text{C}_5\text{H}_{10}\text{N Na S} \cdot 3 \text{H}_2\text{O})$

4) Als Standard-Lösung: in Chloroform gelöstes Palmitat ( 400  $\mu\text{Val}$  Palmitat auf 1 l Chloroform)

Durchführung der Bestimmung:

Die Bestimmung der NFS erfolgte nach der Methode von Duncombe modifiziert nach Dieterle (13,14).

Die NFS werden als Kupfersalze durch das Chloroform aus dem Serum extrahiert. Diese werden mit Diäthyl-dithiokarbaminat in einen Kupferkomplex überführt,

dessen Intensität an gelbbrauner Färbung dem NFS-Gehalt proportional ist.

Dieser Kupferkomplex wurde im Eppendorf-Photometer bei 436 nm kolorimetrisch bestimmt.

Die Berechnung erfolgte nach der Formel:

$$\text{Extinktion (Probe)} \cdot \frac{\mu\text{Val/l (Standard)} \cdot 10}{\text{Extinktion(Standard)}} = \mu\text{Val/l}$$

Genauigkeit der Methode:

Durch Rückstände der Kupfernitratlösung oder durch Konzentrationsänderungen durch Verdunsten des Chloroforms können falsch erhöhte Werte gemessen werden. Weitere Störfaktoren können hämolytische und ikterische Seren darstellen.

Der Variationskoeffizient dieser Methode liegt bei  $\pm 3,5 \%$ . (13,14).

### 2.2.3. Bestimmung des Insulins ++

Die Bestimmung des Seruminsulins erfolgte mittels einer radioimmunologischen Methode.

Die zu bestimmenden Proben wurden jeweils nach dem Zentrifugieren tiefgefroren und zu einem späteren Zeitpunkt gemessen.

Prinzip der radioimmunologischen Insulinbestimmung:

Bei der radioimmunologischen Insulinbestimmung wird im Gegensatz zu den historischen biologischen Bestimmungsmethoden nur das immunologisch reaktive bzw. messbare Insulin (IRI bzw. IMI) gemessen. Es gibt verschiedene Varianten von Insulin-Radioimmunoassays. Die heute gebräuchlichste und von uns angewandte Methode ist die sog. Doppel-Antikörper-Methode.

++ Die Insulinbestimmungen führte dankenswerter Weise Herr cand.med. Dietmar Frommelt durch.

Diese Methode basiert auf einer konkurrierenden Bindung zwischen dem zu messenden Insulin der Probe und einem  $^{125}\text{J}$ -Insulin mit einem spezifischen Insulin-Antikörper. Je mehr Insulin sich in der Probe befindet, umso weniger markiertes Insulin wird an den Antikörper gebunden. Durch einen zweiten unspezifischen präzipitierenden Antikörper wird der Insulin-Antikörper-Komplex bzw. der  $^{125}\text{J}$ -Insulin-Antikörper-Komplex ausgefällt. Nach Filtration dieses Präzipitats werden die Proben im Counter gemessen. Die Höhe der Radioaktivität ist dann dem zu bestimmenden Insulinspiegel der Probe umgekehrt proportional.

Als normale Nüchternwerte gelten bei dieser Methode Insulinspiegel von etwa 10 bis  $25 \mu\text{U/ml}$ . (19,24).

### 2.3.0. Beurteilung der Blutzuckerkurven beim oGTT

Bei der Beurteilung der Blutzuckerkurven herrscht in der Literatur in mancher Hinsicht keine Übereinstimmung. Die als normal, fraglich pathologisch und sicher pathologischen Werte sind von Autor zu Autor verschiedenen angegeben (2,35,41,42).

Dies liegt wohl einerseits an der Unterschiedlichkeit der Methoden bei der Durchführung des oGTT und der Bestimmung der Glukose, andererseits aber auch an der Art des zur Bestimmung verwendeten Blutes (Vollblut als Kapillar- oder Venenblut, Blutplasma).

Im allgemeinen wird dem 2-Stundenwert und dem Maximalwert der Blutzuckerkurve die größte Bedeutung beigegeben.

Wir hielten uns bei der Beurteilung der Blutzuckerkurven an folgende Kriterien:

|               | normal   | fragl.path.   | path.    |
|---------------|----------|---------------|----------|
| 2-Stundenwert | <120 mg% | 121 - 140 mg% | >141 mg% |
| Maximalwert   | <160 mg% | 161 - 180 mg% | >181 mg% |

Manche Autoren vertreten die Ansicht, daß die Beurteilung mehrerer Meßpunkte eine größere diagnostische Wertigkeit besitze. So wird bei der sog. 2-t-Auswertung der 1-Stunden- und der 2-Stundenwert addiert. Als eine noch genauere Bewertung wird das Berechnen der Flächen unter den Glukosekurven empfohlen (23,32,52). Inwieweit die beiden letztgenannten Methoden der Einzelwertbeurteilung überlegen sind, sei dahingestellt. Für unsere Untersuchungen erwies es sich jedoch als zweckmäßig, die Flächenberechnung bei der Auswertung mit heranzuziehen, da auf diese Weise ein direkter Vergleich der unter GU- und Arbeitsbedingungen erfolgten Tests mit nur je einer Maßzahl möglich war.

#### 2.4.0. Statistische und mathematische Auswertung der Meßergebnisse

Von den Meßergebnissen wurden jeweils der Durchschnittswert ( $\bar{x}$ ), die Standardabweichung (SD), der Variationskoeffizient (VK) und der Standardfehler (SE) errechnet. Die statistischen Berechnungen und die Signifikanzschränken wurden mit Hilfe des Student-t-Tests erstellt. (Berechnung mit Olivetti-Tischrechner).

Wie erwähnt, zogen wir zur Beurteilung der Blutzucker- und Insulinkurven die darunterliegenden Flächen heran. Wir ermittelten die Flächen, indem wir die Verlaufskurven in fünf Trapeze aufteilten, deren Flächen nach der geometrischen Formel berechneten und die so erhaltenen Werte miteinander addierten. Die Trapeze setzten sich aus der Höhe, die dem x-Wert entsprach (Zeit), und den Parallelseiten, die den y-Werten entsprachen (Höhe der Blutzucker- bzw. Insulinspiegel), zusammen.

Allgemeine Formel für die Trapezfläche:

$$F = \frac{a + c}{2} \cdot h ;$$

Dies entsprach in unserer Berechnung:

$$F = \frac{y + y'}{2} \cdot x ;$$

Da die x-Werte konstant waren - je 30 min zwischen  $x_0, x_{30}, x_{60}, x_{90}$  und  $x_{120}$ , und 60 min zwischen  $x_{120}$  und  $x_{180}$  - wurden sie gleich 1 bzw. gleich 2 gesetzt. Für die Gesamtfläche unter den Verlaufskurven ergab sich dann die Formel:

$$F = \frac{y_0 + y_{30}}{2} \cdot 1 + \frac{y_{30} + y_{60}}{2} \cdot 1 \dots \frac{y_{120} + y_{180}}{2} \cdot 2 ;$$

Durch Umformung ergab sich dann:

$$F = 0,5 y_0 + y_{30} + y_{60} + y_{90} + 1,5 y_{120} + y_{180} ;$$

Der Wert  $x_{-15}$  wurde in der Flächenberechnung nicht berücksichtigt. (7,10)

### 3.O.O.PATIENTENGUT

Bei den Probanden handelte es sich um freiwillige Versuchspersonen und um Patienten der III.Medizinischen Abteilung des Städt.Krankenhauses München-Neuperlach. Keiner dieser Probanden war zur Zeit der Untersuchung bettlägerig oder akut krank.

Die Auswahl der Patienten erfolgte lediglich nach dem Gesichtspunkt, ob die Versuchsdurchführung ohne Einschränkung anwendbar war oder nicht. Der limitierende Faktor war hierbei in erster Linie die Belastbarkeit am Fahrradergometer, in zweiter Linie die Toleranz gegenüber dem Glukose-Probetrunk.

Auf Alter, Geschlecht, Übergewicht u.s.w. wurde bezüglich der Auswahl kein besonderes Augenmerk gerichtet. Dies ist dadurch gerechtfertigt, daß bei jedem Probanden zwei Glukosebelastungen durchgeführt wurden - unter den erwähnten unterschiedlichen Bedingungen - und daher die Ergebnisse einer jeden Versuchsperson untereinander verglichen werden konnten. Es ist noch anzumerken, daß die Versuche - sei es bezüglich der Glukosebelastung oder bezüglich der Ergometerbelastung - von jedem Probanden ohne Komplikationen toleriert wurden.

Das Gesamtkollektiv der Probanden setzte sich folgendermaßen zusammen:

Gesamtzahl  $n = 28$  ;

davon 17 männliche und 11 weibliche Probanden.

Das Durchschnittsalter betrug 35,12 Jahre ; der

jüngste Proband war 21, der älteste 67 Jahre alt.

( $\bar{x} = 35,12$  ;  $SD = 11,02$  ;  $VK = 31\%$  ;  $SE = 2,08$ ).

Das Gesamtkollektiv wurde in Gruppen gegliedert, wobei das Verhalten der Blutzuckerspiegel, die klinische Auswertung und der Einfluß der Ergometerarbeit auf die Blutzuckerkurven Berücksichtigung fand.

|       |      |    |       |        |       |                  |
|-------|------|----|-------|--------|-------|------------------|
| Nr.1  | H.F. | m. | 33 J. | 173 cm | 95 kg | Ureterstein      |
| Nr.2  | T.L. | m. | 32 J. | 165 cm | 77 kg | Gastritis        |
| Nr.3  | W.R. | m. | 28 J. | 171 cm | 67 kg | Fettleber        |
| Nr.4  | F.M. | w. | 21 J. | 160 cm | 55 kg | freiw.Vers.P.    |
| Nr.5  | A.H. | m. | 27 J. | 164 cm | 69 kg | Ureterstein      |
| Nr.6  | S.R. | w. | 28 J. | 164 cm | 53 kg | sek.Amenorrhoe   |
| Nr.7  | H.V. | w. | 30 J. | 147 cm | 40 kg | Magenbeschwerden |
| Nr.8  | K.M. | w. | 27 J. | 162 cm | 45 kg | Magenbeschwerden |
| Nr.9  | N.M. | w. | 28 J. | 164 cm | 50 kg | Arthritis        |
| Nr.10 | S.R. | m. | 34 J. | 174 cm | 63 kg | V.a.Diab.mell.   |
| Nr.11 | E.K. | m. | 30 J. | 186 cm | 79 kg | Fettleber        |
| Nr.12 | B.M. | m. | 24 J. | 181 cm | 83 kg | freiw.Vers.P.    |
| Nr.13 | L.E. | m. | 40 J. | 174 cm | 92 kg | ess.Hypertonie   |
| Nr.14 | F.F. | m. | 67 J. | 163 cm | 61 kg | Prostataadenom   |
| Nr.15 | S.E. | m. | 31 J. | 168 cm | 78 kg | ess.Hypertonie   |
| Nr.16 | M.H. | w. | 25 J. | 154 cm | 85 kg | Diabetes mell.   |
| Nr.17 | T.E. | w. | 31 J. | 163 cm | 52 kg | Anämie           |
| Nr.18 | H.H. | m. | 36 J. | 170 cm | 71 kg | V.a.M.Menière    |
| Nr.19 | D.K. | m. | 33 J. | 182 cm | 95 kg | ess.Hypertonie   |
| Nr.20 | B.J. | m. | 58 J. | 177 cm | 89 kg | ess.Hypertonie   |
| Nr.21 | N.K. | w. | 50 J. | 158 cm | 77 kg | Z.n.Strumektomie |
| Nr.22 | H.G. | m. | 26 J. | 178 cm | 72 kg | Nephrolithiasis  |
| Nr.23 | K.H. | m. | 32 J. | 180 cm | 80 kg | Hyperlipidämie   |
| Nr.24 | P.C. | m. | 54 J. | 167 cm | 80 kg | Stenokardien     |
| Nr.25 | W.M. | w. | 31 J. | 167 cm | 54 kg | Hypotonie        |
| Nr.26 | L.W. | m. | 41 J. | 174 cm | 64 kg | depress.Verst.   |
| Nr.27 | H.I. | w. | 48 J. | 160 cm | 51 kg | V.a.Diab.mell.   |
| Nr.28 | W.I. | w. | 38 J. | 155 cm | 67 kg | Fettleber        |

Synopsis der 28 Probanden ( m. = männlich / w. = weiblich)

#### 4.0.0. ERGEBNISSE

##### 4.1.1. Verhalten der Glukose beim oGTT unter GU-Bedingungen und nach Arbeit

Die aus den Blutzuckermittelwerten des Gesamtkollektivs erstellten Kurven des oGTT unter GU-Bedingungen und nach Ergometerarbeit unterschieden sich in Höhe und Verlauf nur unwesentlich voneinander. Keiner der entsprechenden Werte unter GU-Bedingungen war signifikant von den Werten nach Ergometerarbeit verschieden (siehe Tab.IV und Abb.1)

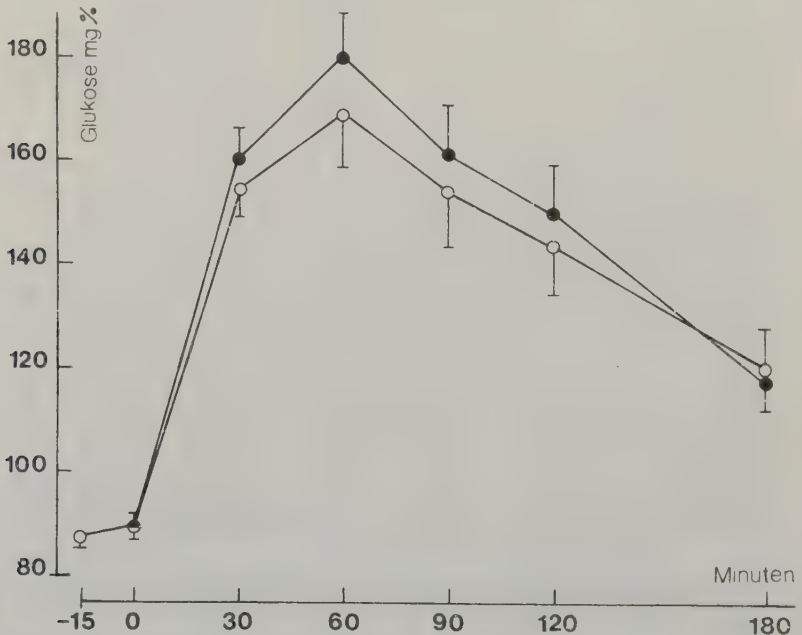


Abb.1 : Verhalten der Glukose beim Gesamtkollektiv

n = 28      GU ●—●      nach Arbeit ○—○  
 $\bar{x} \pm SE$

Die Mittelwerte nach Ergometerarbeit lagen jedoch etwas niedriger als die unter GU-Bedingungen (ausgenommen der Werte  $\bar{x}_0$  und  $\bar{x}_{180}$ ). Das einheitliche Bild der beiden Kurven ließ keine Rückschlüsse auf den Einzelfall zu, da die individuellen Kurven durch Interferenz aufgehoben wurden.

Das Maximum der Blutzuckerspiegel wurde in beiden Fällen nach 60 Minuten erreicht; diesem folgte dann ein kontinuierlicher Abfall bis zum 180-Minutenwert, der unter GU-Bedingungen etwas steiler verlief.

Die Blutzuckerkurven der Einzelfälle ließen dagegen ein vielgestaltiges Bild des Effektes der Muskelarbeit auf Kurvenverlauf und -höhe erkennen.

Der Einfluß der Muskelarbeit auf den Kurvenverlauf im Einzelfall:

Zunächst zeigte sich, daß in neun Fällen das erste Blutzuckermaximum (bzw. das Blutzuckermaximum, sofern kein zweites vorhanden war) nach Ergometerarbeit schneller erreicht wurde als unter GU-Bedingungen; die zeitliche Differenz betrug jeweils 30 Minuten (Probanden Nr. 3, 4, 6, 8, 15, 16, 19, 21, 27). In zwei Fällen lag das umgekehrte Bild vor, d.h. das erste Maximum wurde nach Ergometerarbeit um 30 Minuten später erreicht (Probanden Nr. 2, 28). Bei den restlichen 17 Probanden verstrich bis zum ersten Maximum jeweils die gleiche Zeit.

Weiterhin fiel bei den Einzelfällen auf, daß nach Ergometerarbeit häufiger eine zweigipfelige Blutzuckerkurve auftrat als unter GU-Bedingungen. In insgesamt 14 Fällen war hier ein zweites Blutzuckermaximum vorhanden: einmal nach 90 Minuten (Proband Nr. 11), siebenmal nach 120 Minuten (Probanden Nr. 4, 5, 6, 8, 12, 16, 27) und sechsmal nach 180 Minuten (Probanden Nr. 1, 3, 10, 14, 22, 26). Unter GU-Bedingungen fand sich dagegen nur neunmal ein zweites Blutzuckermaximum: siebenmal nach 120 Minuten (Probanden Nr.

2,7,10,13,26,27,28) und zweimal nach 180 Minuten (Probanden Nr.4,5). In denjenigen Fällen, bei denen sowohl unter GU-Bedingungen als auch nach Ergometerarbeit ein zweites Blutzuckermaximum vorhanden war (Probanden Nr.4,5,10,26,27) wurde dieser zweite Gipfel zweimal in kürzerer Zeit (Probanden Nr.4,5) und zweimal nach einem längeren Zeitraum (Probanden Nr.10,26) als unter GU-Bedingungen erreicht; in einem Fall (Proband Nr.27) lag die gleiche Zeitspanne vor.

Auch die Zeiten bis zum Auftreten des absoluten Blutzuckerminimums nach dem oGTT differierten unter den verschiedenen Bedingungen. In neun Fällen wurde der tiefste Stand des Blutzuckers nach Arbeit um 30 bis 90 Minuten schneller erreicht (Probanden Nr.1,3,4,8,10,14,22,26,27), in einem Fall lag das umgekehrte Bild vor (Proband Nr.7), in den restlichen 18 Fällen trat keine Zeitdifferenz beim Erreichen dieses Punktes auf.

Der Einfluß der Ergometerarbeit auf die Flächen unter den Glukosekurven nach oGTT:

Beim Vergleich der Flächen unter den Glukosekurven zeigte sich, daß der Mittelwert des Gesamtkollektivs nach Ergometerarbeit etwas niedriger lag; ein signifikanter Unterschied zu den GU-Bedingungen ergab sich jedoch nicht:

| a) GU-Bedingungen | b) nach Ergometerarbeit |
|-------------------|-------------------------|
| $\bar{x}$ 888,64  | $\bar{x}$ 857,09        |
| SD 197,53         | SD 208,81               |
| VK 22,00 %        | VK 24,00 %              |
| SE 37,34          | SE 39,47                |

p nicht signifikant

Auch hier erwies sich das Betrachten der Einzelfälle als aufschlußreicher (siehe Tab.Ia)

In 18 Fällen war  $F_{GU}$  größer als  $F_A$  ( $F_{GU} : F_A > 1$ )

(Probanden Nr.2,3,4,6,8,12,13,14,15,16,17,20,21,22, 23,25,26,27). In 10 Fällen war  $F_{GU}$  kleiner als  $F_A$  ( $F_{GU} : F_A < 1$ ). (Probanden Nr.1,5,7,9,10,11,18,19,24, 28).

Einfluß der Ergometerarbeit auf die Höhe der Blutzuckerwerte nach oGTT:

Bei der Auswertung der Glukosebelastungskurven fiel auf, daß unter GU-Bedingungen eine größere Zahl an pathologischen und fraglich pathologischen Blutzuckerwerten auftrat als nach Ergometerarbeit. Wir zogen zur Auswertung die 30-, 60, 90- und 120-Minutenwerte als Kriterium heran: somit lagen in unserer Untersuchungsreihe zweimal 112 Meßwerte zur Bewertung vor. Von den 112 Meßwerten des oGTT unter GU-Bedingungen waren insgesamt 60 als nicht normal anzusehen, davon 45 als sicher pathologisch und 15 als fraglich pathologisch. Beim oGTT nach Ergometerarbeit waren es nur noch 56 Werte, die nicht im Normalbereich lagen, davon 34 im sicher pathologischen und 22 im fraglich pathologischen Bereich. Daraus ist zu ersehen, daß im intraindividuellen Vergleich nach Ergometerarbeit die Zahl der nicht im Normbereich liegenden Werte nicht nur abnahm, sondern auch das Verhältnis der pathologischen Werte zu den fraglich pathologischen Werten zugunsten der letzteren verschoben wurde (siehe Abb.2).

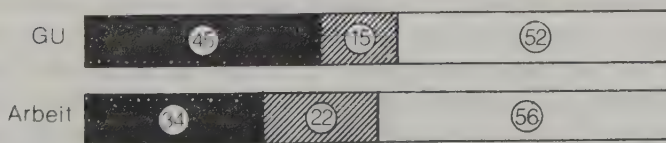


Abb.2 :Anzahl der pathologischen (schwarze Flächen) fraglich pathologischen (schraffiert) und normalen Blutzuckerwerte des oGTT unter GU-Bedingungen und nach Arbeit (je 112 Werte)

Aufgrund dieser Auswertung ergab sich, daß unter GU-Bedingungen 18 Blutzuckerkurven als pathologisch, drei als fraglich pathologisch und sieben als normal angesehen werden mußten. Demgegenüber waren nach Ergometerarbeit 14 pathologisch, sieben fraglich pathologisch und sieben normal.

Verhalten der Blutzuckerkurven in den verschiedenen Probandengruppen:

a) Gruppe 1 :

Bei den Probanden dieser Gruppe handelte es sich um Personen, bei denen der oGTT sowohl unter GU-Bedingungen als auch nach Ergometerarbeit normal ausfiel (Probanden Nr. 1, 3, 12, 22, 25).

Obwohl sich bei dieser Gruppe die Beurteilung des oGTT nach Ergometerarbeit nicht änderte, war hier ein deutlicher Einfluß der körperlichen Betätigung auf Höhe und Verlauf der Blutzuckerkurven zu erkennen. Die Kurve unter GU-Bedingungen zeigte bis zum 30-Minutenwert einen raschen Anstieg und fiel dann bis zum 180-Minutenwert stetig ab, wobei sich zwischen dem 90- und 120-Minutenwert ein etwas steilerer Abfall ergab. Nach Ergometerarbeit kam es bis zum 30-Minutenwert zu einem ähnlich raschen Anstieg auf etwa die gleiche Höhe. Von da an trat bis zum 120-Minutenwert jedoch ein wesentlich rascherer Abfall als unter GU-Bedingungen ein. Vom 120-Minutenwert an, der den tiefsten Punkt der Kurve markierte, kam es wieder zu einem Blutzuckeranstieg.

Der 90- und der 120-Minutenwert lagen signifikant niedriger als unter GU-Bedingungen ( $p < 0,01$ ), während der 180-Minutenwert - allerdings nicht signifikant - höher lag als der entsprechende Punkt der Kurve unter GU-Bedingungen.

(siehe Tab. VII und Abb. 3)

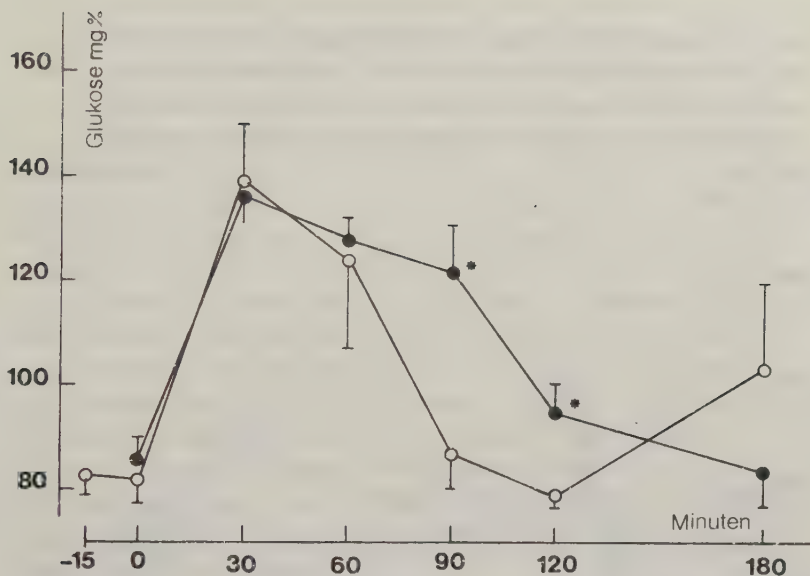


Abb.3 : Verhalten der Glukose bei den Probanden der Gruppe 1 (n = 5)

GU ●—● nach Arbeit ○—○

$\bar{x} \pm SE$

\* = signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ )

b) Gruppe 2 :

In dieser Gruppe wurden diejenigen Probanden zusammengefaßt, deren oGTT sowohl unter GU-Bedingungen als auch nach Ergometerarbeit als pathologisch bzw. fraglich pathologisch zu beurteilen war. (Probanden Nr. 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 28).

Hier wurde die Mittelwertskurve des oGTT nicht wesentlich von der Ergometerarbeit beeinflusst. Die Blutzuckerkurve stieg unter GU-Bedingungen bis zu ihrem Maximalwert bei 60 Minuten an, um dann stetig bis zum 180-Minutenwert abzufallen. Nach Ergometerarbeit stieg die

Kurve ebenfalls bis zum 60-Minutenwert und bildete dann bis zum 90-Minutenwert ein Plateau, um darauf bis zum 180-Minutenwert stetig abzufallen. Sämtliche einander entsprechenden Werte waren nicht signifikant voneinander verschieden (siehe Tab. VIII und Abb. 4).

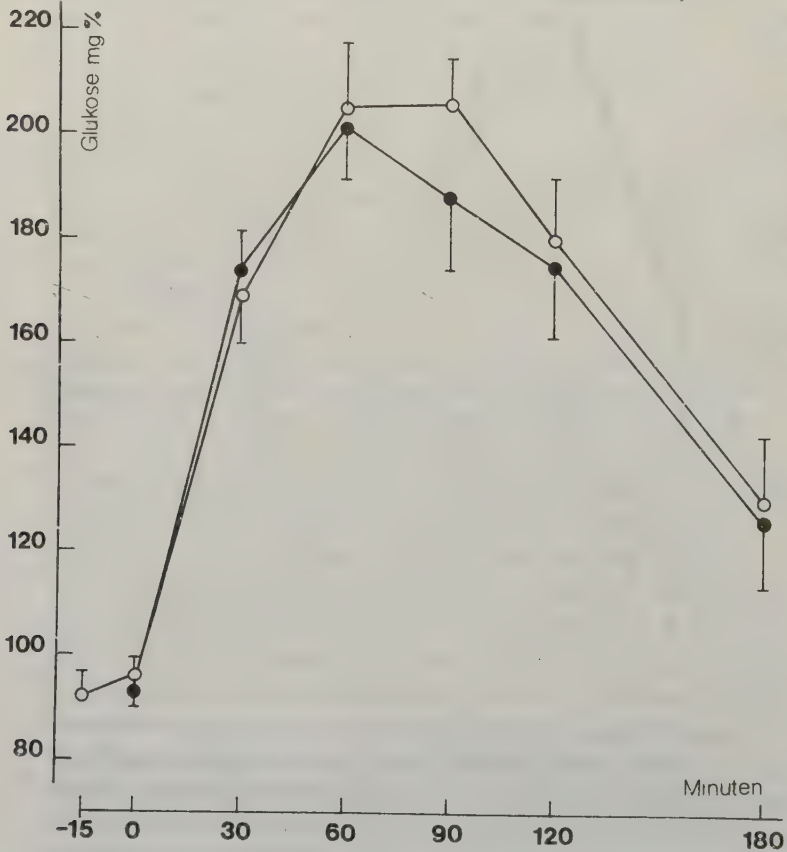


Abb. 4 : Verhalten der Glukose bei den Probanden der Gruppe 2 (n = 13)

GU ● — ● nach Arbeit ○ — ○  
 $\bar{x} \pm SE$

c) Gruppe 3 :

Die Probanden dieser Gruppe wiesen unter GU-Bedingungen einen pathologischen bzw. fraglich pathologischen oGTT auf, der unter dem Einfluß der Ergometerarbeit sich in einen fraglich pathologischen bzw. normalen oGTT änderte. (Probanden Nr. 2, 6, 8, 15, 23, 26, 27).

Die Blutzuckerkurve unter GU-Bedingungen erreichte nach 60 Minuten ihr Maximum und fiel anschließend - mit einer leichten Verzögerung zwischen der 90. und 120. Minute - stetig ab. Nach der Ergometerarbeit dagegen wurde das Blutzuckermaximum bereits nach 30 Minuten erreicht, gefolgt von einem Abfall bis zur 90. Minute. Von diesem Punkt stieg der Blutzucker nochmals bis zur 120. Minute an und fiel anschließend wieder ab. Die Blutzuckerspiegel der Kurve nach Ergometerbelastung erreichten nie die Höhe der Kurve unter GU-Bedingungen. Sämtliche Werte lagen signifikant unter den entsprechenden GU-Werten. (siehe Tab. IX und Abb. 5)

d) Gruppe 4:

In dieser Gruppe wurden die Probanden zusammengefaßt, deren unter GU-Bedingungen normaler bzw. fraglich pathologischer oGTT sich nach der Arbeit in Richtung der pathologischen Verlaufsform verschob. Es lag somit im Vergleich zur Gruppe 3 das umgekehrte Bild vor. (Probanden Nr. 4, 5, 9).

Die Kurve unter GU-Bedingungen erreichte ihr Maximum nach 60 Minuten, fiel dann bis zur 120. Minute relativ steil ab und stieg nochmals etwas an. Nach Ergometerarbeit stieg die Kurve ebenfalls bis zur 60. Minute und fiel darauf bis zum 90-Minutenwert steil ab. Beim 120-Minutenwert erreichte sie einen zweiten Gipfel, um dann bis zur 180. Minute relativ flach abzufallen. Sämtliche Blutzuckerwerte der Kurve unter GU-Bedingungen lagen tiefer als die entsprechenden Werte der Kurve nach Er-

gometerarbeit. Die beiden 120-Minutenwerte waren signifikant voneinander verschieden ( $p < 0,01$ ). (siehe Tab.X und Abb.6).

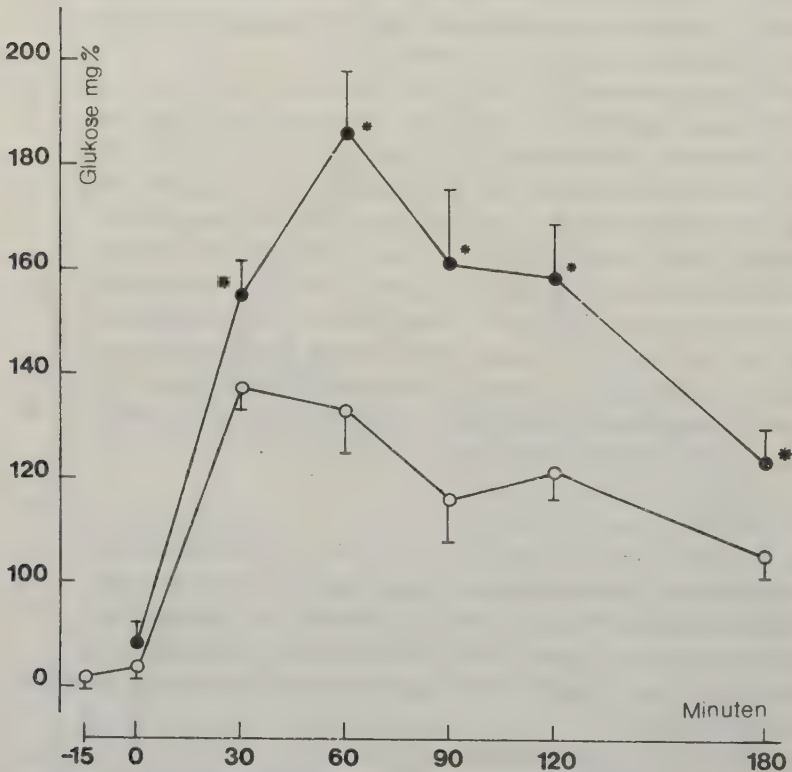


Abb.5 : Verhalten der Glukose bei den Probanden der Gruppe 3 (n = 7)

GU ●—● nach Arbeit ○—○

$\bar{x} \pm SE$

\* = signifikanter Unterschied ( $x_{30}, x_{60}$  und  $x_{120}$   
 $p < 0,0025$  /  $x_{90}$   $p < 0,01$  /  $x_{180}$   $p < 0,0125$ )

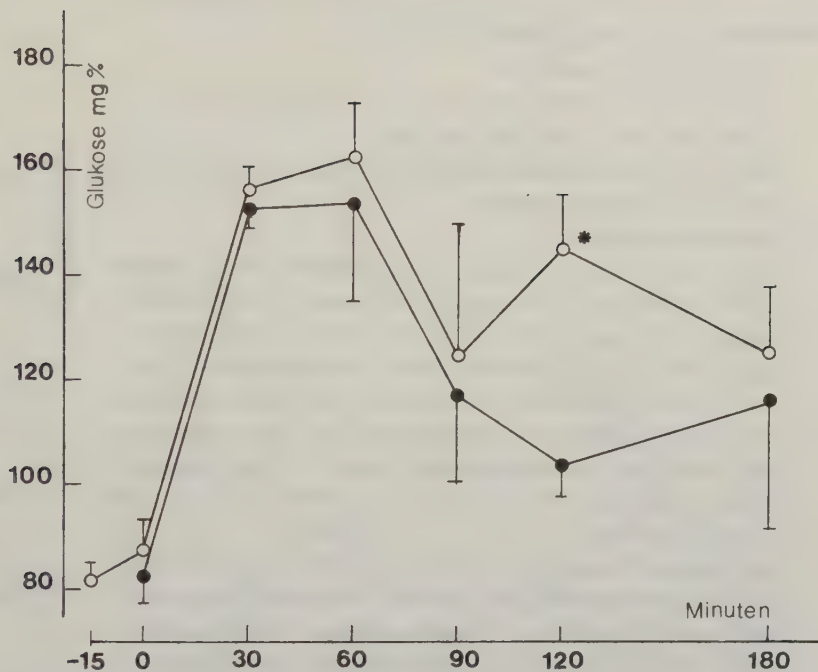


Abb.6 : Verhalten der Glukose bei den Probanden der Gruppe 4 (n = 3)

GU ●—● nach Arbeit ○—○

$\bar{x} \pm SE$

\* = signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ )

4.1.2. Beeinflussung des oGTT durch Ergometerarbeit  
dargestellt an zwei Einzelfällen

a) Proband Nr.15 (S.E. ♂)

Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung: 31 Jahre

Größe: 168 cm Gewicht: 78 kg

Diagnosen: essentielle Hypertonie, Adipositas, Hyperlipidämie, Hyperurikämie.

Versuchsergebnis:

Der unter GU-Bedingungen durchgeführte oGTT zeigte einen deutlich pathologischen Verlauf (Maximalwert nach 90 Minuten : 226 mg% ; 2-h-Wert : 199 mg%). Beim oGTT nach Ergometerarbeit normalisierte sich der pathologische Kurvenverlauf vollständig : kein einziger Blutzuckerwert lag mehr im pathologischen bzw. fraglich pathologischen Bereich (Maximalwert nach 60 Minuten : 153,1 mg% ; 2-h-Wert : 117,7 mg%). (siehe Abb.7)

Bei diesem Probanden wurde also unter dem Einfluß der Ergometerarbeit ein unter GU-Bedingungen eindeutig als pathologisch anzusehender oGTT derart verändert, daß eine Diagnosestellung "Diabetes mellitus" unter diesen Umständen nicht mehr möglich war. Weiterhin war in diesem Zusammenhang interessant, daß bei diesem Probanden unabhängig von unserer Untersuchung etwa eine Woche vorher ein oGTT durchgeführt wurde, der ebenfalls normal ausfiel und etwa den gleichen Verlauf nahm wie der von uns ausgeführte oGTT nach Ergometerarbeit. Nach eigenen Angaben ist der Proband bei diesem oGTT nicht im Bett liegen geblieben und vor und während des Tests umhergegangen. Blutzuckerwerte:

|    | -15  | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min   |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| GU | ---- | 100,4 | 135,1 | 202,6 | 226,7 | 199,6 | 135,4 mg% |
| A  | 84,4 | 85,4  | 140,3 | 153,1 | 134,0 | 117,7 | 101,2 mg% |

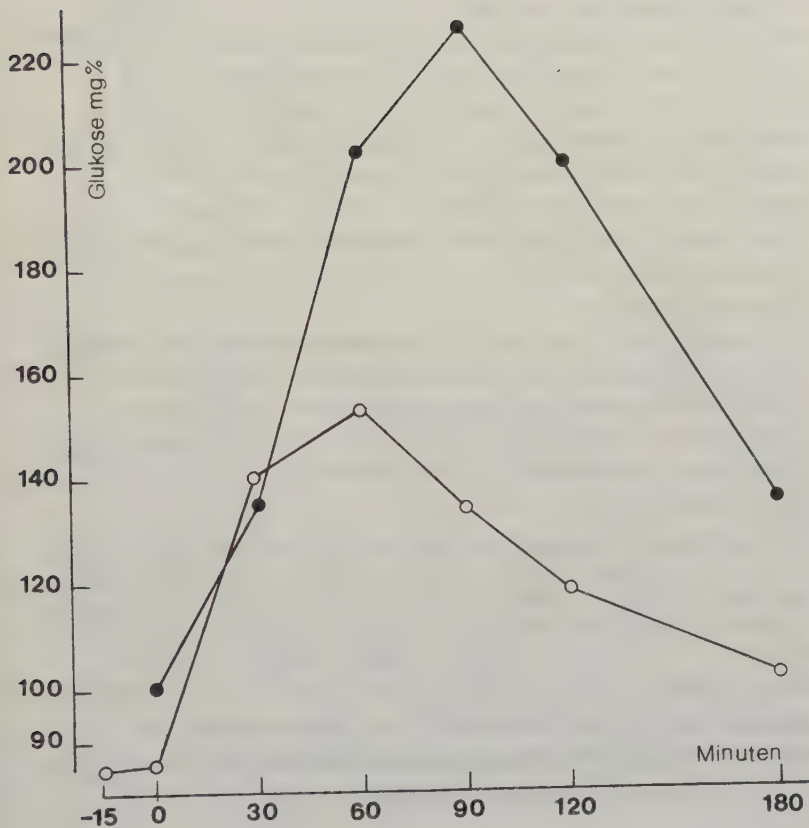


Abb.7 : Verhalten des Blutzuckers bei Proband Nr.15

GU ● — ● nach Arbeit ○ — ○

b) Proband Nr.21 (N.K. ♀)

Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung: 50 Jahre

Größe: 158 cm Gewicht: 77 kg

Diagnosen: Z.n.Strumektomie, postoperativer Hypoparathyreoidismus, Adipositas.

Unter GU-Bedingungen verlief der oGTT dieser Probandin eindeutig pathologisch (Maximalwert nach 90 Minuten : 211,5 mg% ; 2-h-Wert : 169 mg%).

Nach Ergometerarbeit war der Verlauf der Blutzuckerkurve zwar immer noch pathologisch (Maximalwert : nach 60 Minuten 179,2 mg% ; 2-h-Wert : 153 mg%), doch lagen sämtliche Blutzuckerwerte unter den entsprechenden Werten der Kurve unter GU-Bedingungen. (siehe Abb.8)

In diesem Fall bewirkte die Ergometerarbeit zwar keine Veränderung in der Beurteilung des oGTT - die unter GU-Bedingungen pathologische Kurve blieb auch nach Arbeit pathologisch - trotzdem aber war eine deutliche Verbesserung der Glukosetoleranz erkennbar. Blutzuckerwerte:

|    | -15  | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min   |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| GU | ---- | 101,0 | 184,7 | 195,9 | 211,5 | 169,8 | 110,6 mg% |
| A  | 93,1 | 91,7  | 160,8 | 179,2 | 169,8 | 153,0 | 108,7 mg% |

Am Ende dieser beiden Einzeldarstellungen sei noch angemerkt, daß bei beiden Probanden unter dem Einfluß der Ergometerarbeit das Blutzuckermaximum von der 90. Minute unter GU-Bedingungen auf die 60. Minute vorverlegt wurde.

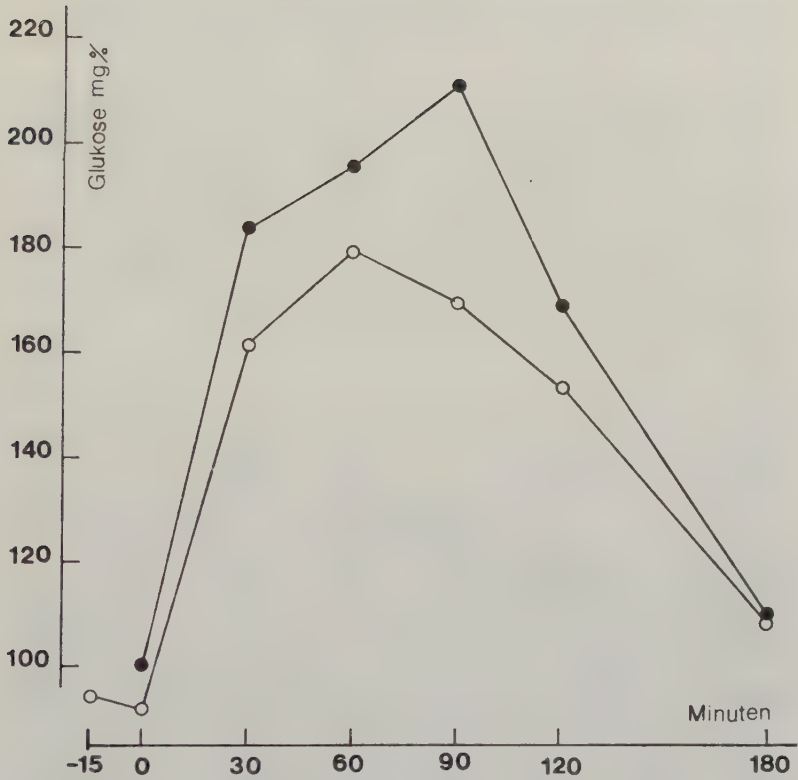


Abb.8 : Verhalten des Blutzuckers bei Proband Nr.21

GU ●—● nach Arbeit ○—○

#### 4.2.0. Verhalten des immunologisch meßbaren Insulins (IMI) im Serum nach oGTT unter GU-Bedingungen und nach Arbeit

Die Verlaufskurven des IMI nach oGTT, die aus den Mittelwerten des Gesamtkollektivs ermittelt wurden, wiesen - wie schon die Glukosekurven - in den einander entsprechenden Werten keinen signifikanten Unterschied auf. Außer bei  $\bar{x}_{60}$  lagen die Mittelwerte nach Ergometerarbeit immer etwas niedriger; die größte Differenz fand sich bei  $\bar{x}_{120}$ . (siehe Tab.V und Abb.9)

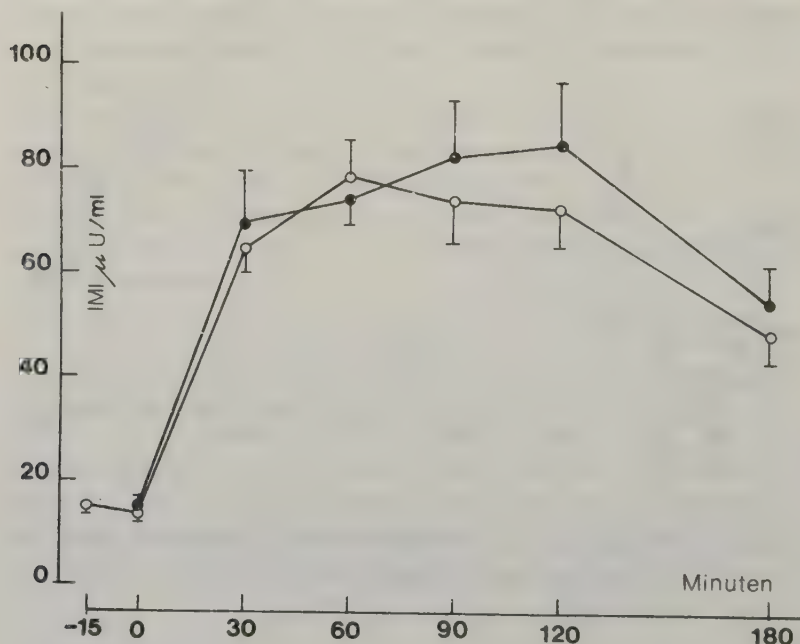


Abb.9 : Verhalten des IMI beim Gesamtkollektiv (n = 28)

GU ●—● nach Arbeit ○—○  
 $\bar{x} \pm SE$

Im Gegensatz zu den entsprechenden Glukosekurven verliefen die beiden IMI-Kurven des Gesamtkollektivs weit weniger einheitlich. Während unter GU-Bedingungen bis zur 30. Minute ein steiler Anstieg, ab diesem Punkt dann ein langsames kontinuierliches Anwachsen bis zur 120. Minute und von da an ein relativ steiler Abfall zur 180. Minute erfolgte, war nach Ergometerarbeit ein völlig anderer Verlauf zu beobachten: hier war - noch analog zu GU - bis zum 30-Minutenwert ein steiler Anstieg zu verzeichnen, gefolgt von einem etwas flacheren Anwachsen bis zur 60. Minute, wo das Insulinmaximum erreicht wurde. Nach diesem Maximum trat ein langsamer plateauähnlicher Abfall bis zur 120. Minute auf, der dann bis zur 180. Minute an Steilheit zunahm. Beide Endpunkte der IMI-Kurven, sowohl unter GU als auch nach Arbeit, lagen noch weit über den Ausgangswerten.

Ähnlich den individuellen Blutzuckerkurven verhielten sich auch die IMI-Kurven im Einzelfall sehr unterschiedlich. So wurde in neun Fällen der erste Insulinmaximalwert nach Ergometerarbeit schneller, in acht Fällen langsamer und in elf Fällen in der gleichen Zeit im Vergleich zu GU erreicht. Ein zweiter Gipfel war unter GU 13-mal, nach Arbeit 12-mal zu beobachten.

Die Flächen unter den IMI-Kurven als Mittelwert des Gesamtkollektivs wiesen keinen signifikanten Unterschied auf; der Mittelwert nach Arbeit lag jedoch etwas niedriger.

a) GU-Bedingungen

$\bar{x}$  424,84

SD 261,02

VK 61,00 %

SE 49,34

b) nach Ergometerarbeit

$\bar{x}$  378,96

SD 198,76

VK 52,00 %

SE 37,57

p nicht signifikant

Bei der Betrachtung der Einzelfälle ergab sich, daß  $F_{GU}$  14-mal größer als  $F_A$  war, 14-mal war es umgekehrt. (Tab. IIa)

#### 4.3.0. Korrelation zwischen den Flächen unter den Glukosekurven und den Flächen unter den IMI-Kurven

Korrellierte man die Flächen unter den Glukosekurven mit denen unter den IMI-Kurven, so ergab sich bei den unter GU-Bedingungen erhaltenen Werten folgendes Bild :

Es wurde ein Korrelationskoeffizient errechnet der mit  $r = 0,49$  hochsignifikant war ( $p \ll 0,01$ ). Die Regressionsgerade ( $y = -152,77 + 0,65 x$ ) ließ erkennen, daß die Insulinausschüttung umso stärker stimuliert wurde, je höher der Blutzuckeranstieg war (siehe Abb.10).

Bei der Korrelation der Flächen unter den Glukosekurven mit denen unter den IMI-Kurven nach Ergometerarbeit zeigte sich dagegen, daß die Insulinausschüttung durch den Blutzuckeranstieg bei weitem nicht mehr so gut stimulierbar war wie im vorigen Fall. Es ergab sich ein Korrelationskoeffizient, der mit  $r = 0,29$  knapp außerhalb der Signifikanzschränken lag. Der Verlauf der Regressionsgeraden war wesentlich flacher ( $y = 138,98 + 0,28 x$ ) als unter GU-Bedingungen. (siehe Abb.11)

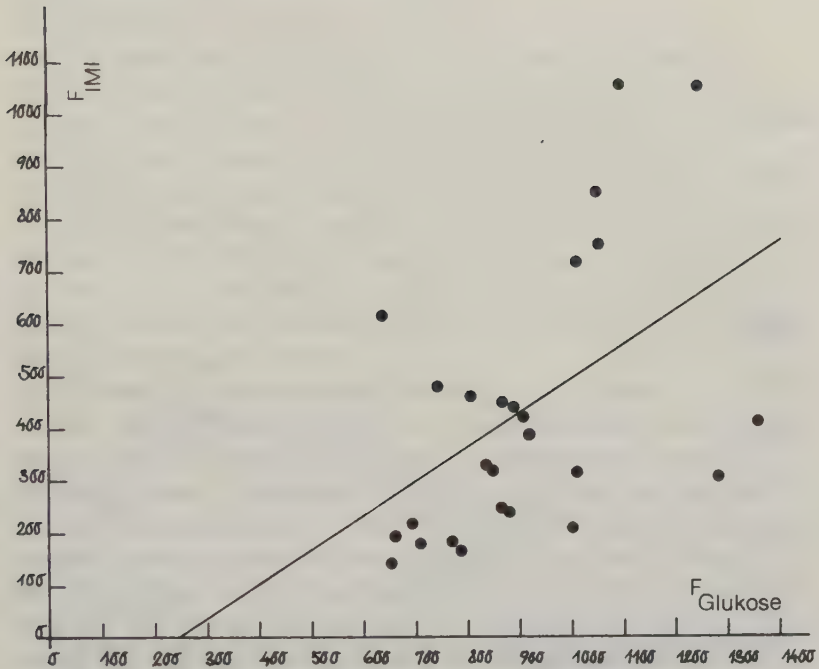


Abb.10 : Korrelation und Regressionsgerade zwischen den Flächenintegralen von Glukose und IMI bei 28 Probanden unter GU-Bedingungen.

$$r = 0,49 \quad (p < 0,01)$$

$$y = - 152,77 + 0,65 x ;$$

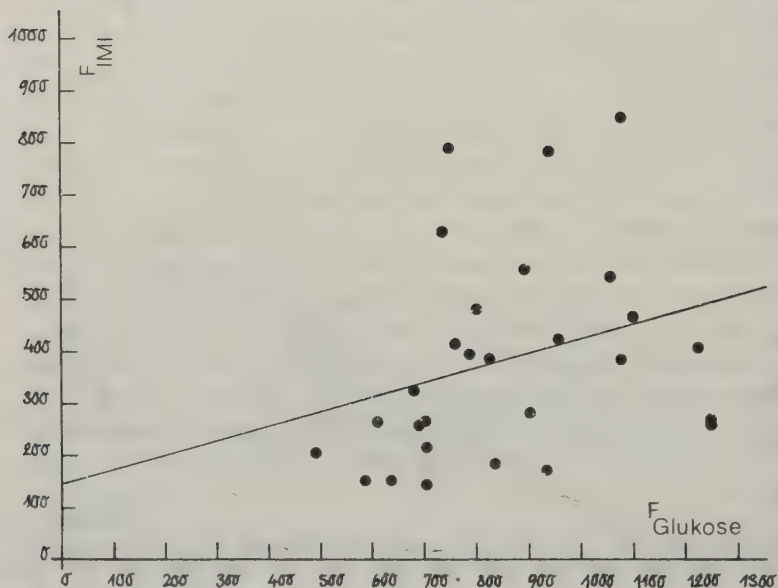


Abb.11 : Korrelation und Regressionsgerade zwischen  
den Flächenintegralen von Glukose und IMI  
bei 28 Probanden nach Ergometerarbeit.

$r = 0,29$  (p nicht signifikant)

$$y = 138,98 + 0,28 x ;$$

#### 4.4.0. Verhalten der NFS im Serum nach oGTT unter GU-Bedingungen und nach Ergometerarbeit

Die NFS-Kurven nach oGTT waren als Mittelwertskurven unter GU-Bedingungen und nach Arbeit nahezu identisch; damit war auch hier kein signifikanter Unterschied der entsprechenden Werte vorhanden. Die Werte  $\bar{x}_{30}$ ,  $\bar{x}_{60}$ ,  $\bar{x}_{90}$  und  $\bar{x}_{120}$  nach Ergometerarbeit lagen etwas unter, der Wert  $\bar{x}_{180}$  etwas über den GU-Werten. Während die GU-Kurve der NFS vom Nüchternwert bis zur 60. Minute steil und darauf bis zur 180. Minute kontinuierlich flach abfiel, so war bei der NFS-Kurve nach Arbeit zwischen der 120. und der 180. Minute ein minimaler Anstieg zu verzeichnen. (siehe Tab. VI und Abb. 12)

Im Einzelfall differierten die Kurven oft erheblich. (siehe Tab. III). Den Einfluß der Ergometerarbeit auf das Verhalten der NFS nach oGTT zu beschreiben war problematisch, da - im Gegensatz zu Glukose und Insulin - schon die Ausgangs- bzw. Nüchternwerte bei ein und derselben Person an den beiden Untersuchungstagen in den meisten Fällen stark voneinander abweichend waren. Zudem war die Beobachtungsdauer von 180 Minuten im Falle der NFS wesentlich zu kurz, da die NFS-Spiegel bei keinem der Probanden weder unter GU-Bedingungen noch nach Ergometerarbeit auch nur annähernd zum Ausgangswert zurückkehrten.

In 19 Fällen war eine mehr oder minder starke Erhöhung des NFS-Spiegels durch Arbeit im nüchternen Zustand des Probanden zu erkennen, in neun Fällen sank der Nüchtern-NFS-Spiegel nach Arbeit etwas ab.

Während die Tendenz zur Rückkehr zum Ausgangswert der NFS-Spiegel beim oGTT unter GU-Bedingungen nur in neun Fällen vorhanden war, war dies beim oGTT nach Ergometerarbeit 16-mal der Fall.

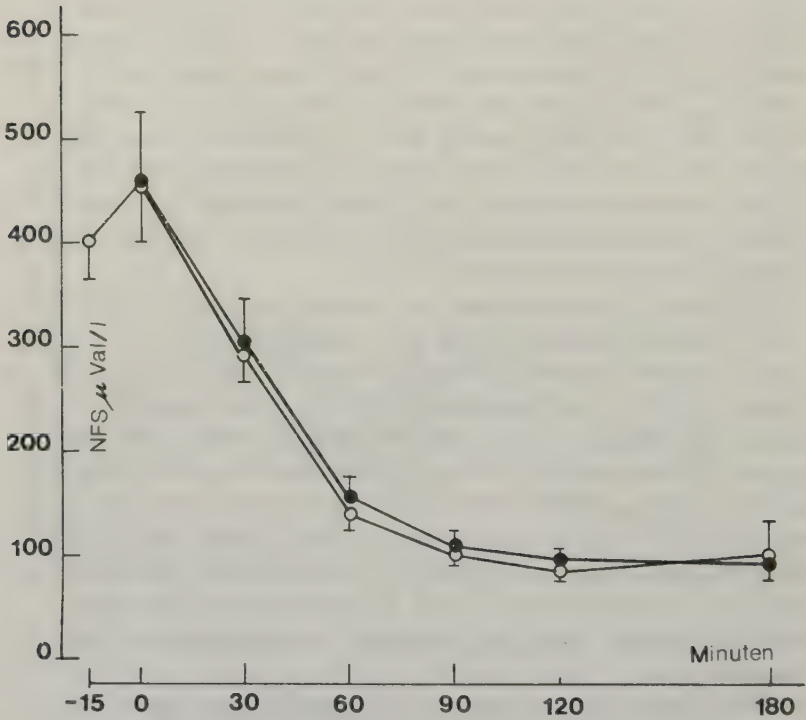


Abb.12 : Verhalten der NFS beim Gesamtkollektiv (n = 28)

GU ●—● nach Arbeit ○—○

$\bar{x} \pm SE$

# 5.0.0. TABELLEN

Tabelle I

Einzelergebnisse des oGTT bei Probanden unter GU-Bedingungen (a) und nach Arbeit (b) - Blutzuckerwerte (mg%)

|         | - 15 | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| H.F. a) | ---- | 75,9  | 155,8 | 126,2 | 115,7 | 95,2  | 84,0    |
| b)      | 92,4 | 94,6  | 174,2 | 149,8 | 103,0 | 77,9  | 99,8    |
| T.L. a) | ---- | 97,5  | 147,5 | 155,4 | 142,7 | 155,1 | 138,3   |
| b)      | 88,5 | 84,6  | 124,5 | 131,1 | 139,2 | 138,9 | 111,6   |
| W.R. a) | ---- | 84,3  | 125,1 | 130,8 | 157,2 | 108,2 | 88,4    |
| b)      | 75,3 | 84,2  | 151,7 | 161,2 | 81,6  | 79,0  | 145,1   |
| F.M. a) | ---- | 90,6  | 158,4 | 186,4 | 120,1 | 110,1 | 164,6   |
| b)      | 84,1 | 83,1  | 160,4 | 154,9 | 117,9 | 151,3 | 124,7   |
| A.H. a) | ---- | 77,3  | 150,8 | 120,8 | 89,8  | 93,0  | 96,5    |
| b)      | 77,2 | 94,7  | 153,4 | 154,0 | 85,1  | 127,5 | 106,0   |
| S.R. a) | ---- | 78,2  | 154,8 | 176,0 | 143,9 | 143,9 | 123,4   |
| b)      | 81,4 | 80,1  | 137,6 | 132,3 | 103,7 | 132,6 | 93,5    |
| H.V. a) | ---- | 82,9  | 173,0 | 187,9 | 138,7 | 145,5 | 144,1   |
| b)      | 86,2 | 79,1  | 166,7 | 271,5 | 253,2 | 234,4 | 143,0   |
| K.M. a) | ---- | 85,2  | 174,3 | 237,6 | 196,7 | 179,9 | 134,3   |
| b)      | 80,5 | 82,9  | 129,7 | 116,2 | 107,4 | 116,6 | 110,1   |
| N.M. a) | ---- | 79,2  | 150,0 | 156,4 | 141,9 | 109,4 | 89,2    |
| b)      | 85,8 | 83,3  | 155,2 | 180,8 | 173,8 | 158,4 | 149,3   |
| S.R. a) | ---- | 89,7  | 174,2 | 164,2 | 101,4 | 132,2 | 100,0   |
| b)      | 95,0 | 99,7  | 174,0 | 172,7 | 162,5 | 107,1 | 117,2   |
| E.K. a) | ---- | 83,2  | 176,6 | 174,5 | 150,0 | 82,8  | 67,6    |
| b)      | 89,8 | 97,6  | 187,4 | 155,5 | 164,3 | 116,6 | 62,6    |
| B.M. a) | ---- | 99,0  | 134,8 | 116,0 | 95,7  | 86,2  | 64,6    |
| b)      | 84,9 | 73,8  | 120,9 | 68,0  | 72,1  | 84,8  | 64,3    |
| L.E. a) | ---- | 84,4  | 251,2 | 260,3 | 206,4 | 227,1 | 180,5   |
| b)      | 93,9 | 108,6 | 262,4 | 309,2 | 258,4 | 178,2 | 104,6   |
| F.F. a) | ---- | 98,5  | 175,0 | 260,0 | 275,5 | 253,0 | 220,0   |
| b)      | 73,1 | 89,2  | 166,5 | 184,0 | 251,9 | 241,1 | 242,5   |

Tabelle I  
(Fortsetzung)

|         | - 15  | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| S.E. a) | ----  | 100,4 | 135,1 | 202,6 | 226,7 | 199,6 | 135,4   |
| b)      | 84,4  | 85,4  | 140,3 | 153,1 | 134,0 | 117,7 | 101,2   |
| M.H. a) | ----  | 102,8 | 172,2 | 249,7 | 257,1 | 236,3 | 152,8   |
| b)      | 106,8 | 103,6 | 136,4 | 196,1 | 192,9 | 208,2 | 171,4   |
| T.E. a) | ----  | 93,5  | 158,2 | 182,0 | 193,9 | 187,1 | 137,8   |
| b)      | 84,8  | 90,9  | 133,1 | 159,2 | 199,0 | 175,0 | 136,8   |
| H.H. a) | ----  | 98,4  | 146,8 | 197,1 | 185,1 | 168,2 | 86,1    |
| b)      | 86,6  | 111,0 | 168,8 | 213,0 | 191,9 | 158,5 | 94,4    |
| D.K. a) | ----  | 98,7  | 153,9 | 189,6 | 196,5 | 200,4 | 123,1   |
| b)      | 89,9  | 97,8  | 143,5 | 205,1 | 210,8 | 210,2 | 156,2   |
| B.J. a) | ----  | 111,8 | 184,8 | 229,2 | 213,3 | 184,8 | 135,9   |
| b)      | 87,2  | 96,4  | 176,7 | 241,4 | 220,0 | 198,8 | 104,0   |
| N.K. a) | ----  | 101,0 | 184,7 | 195,9 | 211,5 | 169,8 | 110,6   |
| b)      | 93,1  | 91,7  | 160,8 | 179,2 | 169,8 | 153,0 | 108,7   |
| H.G. a) | ----  | 88,2  | 131,3 | 127,1 | 122,9 | 105,6 | 104,6   |
| b)      | 86,0  | 81,4  | 126,4 | 113,7 | 82,7  | 74,3  | 137,7   |
| K.H. a) | ----  | 91,5  | 135,1 | 178,1 | 168,4 | 156,3 | 126,7   |
| b)      | 87,0  | 89,5  | 160,3 | 168,0 | 135,4 | 121,2 | 109,0   |
| P.C. a) | ----  | 85,7  | 167,1 | 170,2 | 191,9 | 148,0 | 74,3    |
| b)      | 123,5 | 88,0  | 154,5 | 168,7 | 180,1 | 173,8 | 94,3    |
| W.M. a) | ----  | 83,0  | 140,2 | 141,8 | 121,2 | 84,2  | 79,8    |
| b)      | 76,5  | 77,4  | 122,9 | 128,9 | 99,8  | 81,0  | 74,1    |
| L.W. a) | ----  | 77,1  | 158,4 | 157,2 | 125,0 | 128,9 | 95,0    |
| b)      | 74,2  | 81,8  | 138,4 | 123,0 | 112,3 | 113,6 | 116,1   |
| H.I. a) | ----  | 91,0  | 181,3 | 195,0 | 123,5 | 148,7 | 108,6   |
| b)      | 80,1  | 81,6  | 133,2 | 114,0 | 86,8  | 108,4 | 98,2    |
| W.I. a) | ----  | 86,2  | 144,6 | 156,6 | 133,8 | 146,1 | 113,6   |
| b)      | 98,7  | 104,1 | 167,8 | 220,6 | 223,0 | 187,7 | 160,3   |

Tabelle I a

Fläche unter den Glukosebelastungskurven unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b);

Verhältnis der Flächen  $F_{GU} : F_A$  ( a : b )

|      |    |         |                |
|------|----|---------|----------------|
| H.F. | a) | 662,45  | a) : b) = 0,96 |
|      | b) | 690,95  |                |
| T.L. | a) | 865,30  | a) : b) = 1,14 |
|      | b) | 757,05  |                |
| W.R. | a) | 705,95  | a) : b) = 1,01 |
|      | b) | 700,20  |                |
| F.M. | a) | 839,95  | a) : b) = 1,02 |
|      | b) | 826,40  |                |
| A.H. | a) | 636,05  | a) : b) = 0,86 |
|      | b) | 737,10  |                |
| S.R. | a) | 853,05  | a) : b) = 1,21 |
|      | b) | 706,05  |                |
| H.V. | a) | 903,40  | a) : b) = 0,74 |
|      | b) | 1225,55 |                |
| K.M. | a) | 1055,50 | a) : b) = 1,55 |
|      | b) | 679,75  |                |
| N.M. | a) | 741,20  | a) : b) = 0,79 |
|      | b) | 938,35  |                |
| S.R. | a) | 782,95  | a) : b) = 0,94 |
|      | b) | 836,90  |                |
| E.K. | a) | 734,90  | a) : b) = 0,93 |
|      | b) | 793,20  |                |
| B.M. | a) | 589,90  | a) : b) = 1,21 |
|      | b) | 489,40  |                |
| L.E. | a) | 1281,25 | a) : b) = 1,02 |
|      | b) | 1256,20 |                |
| F.F. | a) | 1359,25 | a) : b) = 1,09 |
|      | b) | 1251,15 |                |

Tabelle I a  
(Fortsetzung)

|      |    |         |                  |
|------|----|---------|------------------|
| S.E. | a) | 1049,40 | $a) : b) = 1,40$ |
|      | b) | 747,85  |                  |
| M.H. | a) | 1237,65 | $a) : b) = 1,17$ |
|      | b) | 1060,90 |                  |
| T.E. | a) | 999,30  | $a) : b) = 1,07$ |
|      | b) | 936,05  |                  |
| H.H. | a) | 916,60  | $a) : b) = 0,95$ |
|      | b) | 961,35  |                  |
| D.K. | a) | 1013,05 | $a) : b) = 0,94$ |
|      | b) | 1079,80 |                  |
| B.J. | a) | 1096,30 | $a) : b) = 1,01$ |
|      | b) | 1088,50 |                  |
| N.K. | a) | 1007,90 | $a) : b) = 1,13$ |
|      | b) | 893,85  |                  |
| H.G. | a) | 688,40  | $a) : b) = 1,12$ |
|      | b) | 612,65  |                  |
| K.H. | a) | 887,90  | $a) : b) = 1,11$ |
|      | b) | 799,25  |                  |
| P.C. | a) | 868,35  | $a) : b) = 0,96$ |
|      | b) | 902,30  |                  |
| W.M. | a) | 650,80  | $a) : b) = 1,11$ |
|      | b) | 585,90  |                  |
| L.W. | a) | 767,50  | $a) : b) = 1,10$ |
|      | b) | 701,10  |                  |
| H.I. | a) | 876,95  | $a) : b) = 1,38$ |
|      | b) | 635,60  |                  |
| W.I. | a) | 810,85  | $a) : b) = 0,73$ |
|      | b) | 1105,30 |                  |

Tabelle II

Einzelergebnisse des oGTT bei Probanden unter GU-Bedingungen (a) und nach Arbeit (b) - IMI ( $\mu$ U/ml)

|      |    | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|------|----|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| H.F. | a) | ---- | 10,8 | 58,5  | 61,5  | 21,0  | 21,8  | 16,2    |
|      | b) | 11,6 | 11,6 | 77,3  | 78,3  | 55,2  | 19,0  | 20,5    |
| T.L. | a) | ---- | 18,6 | 76,6  | 96,3  | 64,4  | 89,2  | 67,2    |
|      | b) | 15,3 | 17,6 | 85,4  | 88,0  | 75,6  | 80,5  | 43,7    |
| W.R. | a) | ---- | 12,2 | 24,8  | 38,8  | 60,2  | 22,8  | 14,1    |
|      | b) | 15,6 | 10,0 | 60,3  | 83,6  | 35,6  | 17,0  | 48,3    |
| F.M. | a) | ---- | 9,9  | 58,3  | 106,1 | 70,6  | 23,9  | 50,2    |
|      | b) | 10,3 | 13,8 | 98,7  | 70,8  | 31,6  | 78,8  | 56,0    |
| A.H. | a) | ---- | 16,7 | 178,0 | 128,5 | 70,5  | 98,1  | 80,1    |
|      | b) | 16,5 | 15,3 | 144,4 | 200,0 | 53,8  | 92,0  | 80,8    |
| S.R. | a) | ---- | 14,5 | 71,9  | 81,9  | 46,1  | 63,8  | 36,7    |
|      | b) | 14,5 | 13,8 | 58,6  | 51,7  | 34,1  | 31,1  | 16,7    |
| H.V. | a) | ---- | 13,4 | 90,0  | 44,5  | 62,9  | 86,7  | 90,8    |
|      | b) | 11,4 | 11,4 | 49,2  | 72,2  | 80,0  | 103,2 | 40,0    |
| K.M. | a) | ---- | 6,0  | 73,8  | 103,5 | 156,0 | 200,0 | 114,9   |
|      | b) | 13,1 | 18,5 | 60,8  | 64,4  | 41,6  | 64,0  | 53,5    |
| N.M. | a) | ---- | 12,8 | 62,7  | 91,0  | 86,2  | 112,6 | 67,2    |
|      | b) | 13,8 | 11,3 | 41,7  | 159,5 | 200,0 | 164,3 | 126,9   |
| S.R. | a) | ---- | 9,1  | 33,4  | 25,5  | 21,8  | 30,1  | 27,3    |
|      | b) | 20,4 | 9,9  | 41,3  | 36,4  | 53,5  | 21,0  | 14,5    |
| E.K. | a) | ---- | 17,4 | 178,9 | 192,9 | 153,2 | 30,5  | 19,7    |
|      | b) | 15,2 | 11,1 | 99,2  | 109,4 | 117,3 | 32,4  | 10,8    |
| B.M. | a) | ---- | 15,7 | 29,6  | 41,1  | 37,0  | 25,3  | 13,1    |
|      | b) | 17,7 | 12,3 | 43,2  | 26,8  | 37,8  | 31,8  | 44,2    |
| L.E. | a) | ---- | 6,3  | 44,0  | 83,0  | 46,9  | 59,8  | 37,8    |
|      | b) | 7,7  | 7,0  | 44,2  | 49,5  | 56,0  | 51,0  | 23,7    |
| F.F. | a) | ---- | 10,8 | 51,9  | 82,4  | 108,3 | 71,9  | 58,8    |
|      | b) | 20,7 | 13,1 | 68,8  | 40,4  | 48,2  | 48,4  | 32,3    |

Tabelle II  
(Fortsetzung)

|         | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|---------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| S.E. a) | ---- | 19,2 | 58,0  | 142,8 | 200,0 | 200,0 | 140,8   |
| b)      | 17,8 | 18,2 | 89,0  | 107,2 | 154,8 | 181,9 | 154,8   |
| M.H. a) | ---- | 58,8 | 189,2 | 200,0 | 200,0 | 200,0 | 134,8   |
| b)      | 34,1 | 25,2 | 71,6  | 82,0  | 97,9  | 115,3 | 101,9   |
| T.E. a) | ---- | 9,6  | 19,8  | 31,4  | 45,0  | 49,5  | 29,0    |
| b)      | 8,2  | 11,0 | 19,6  | 27,4  | 36,5  | 41,6  | 17,0    |
| H.H. a) | ---- | 11,3 | 32,3  | 61,1  | 72,4  | 121,5 | 37,5    |
| b)      | 16,0 | 15,5 | 44,2  | 78,6  | 95,3  | 103,4 | 41,2    |
| D.K. a) | ---- | 13,2 | 41,7  | 48,4  | 55,5  | 77,0  | 44,7    |
| b)      | 12,9 | 13,9 | 36,7  | 59,5  | 80,1  | 88,7  | 66,9    |
| B.J. a) | ---- | 35,0 | 190,6 | 196,7 | 200,0 | 200,0 | 151,8   |
| b)      | 26,6 | 17,8 | 109,5 | 160,7 | 200,0 | 200,0 | 68,8    |
| N.K. a) | ---- | 16,1 | 54,9  | 121,0 | 175,4 | 198,1 | 59,7    |
| b)      | 18,6 | 21,5 | 86,6  | 97,9  | 123,0 | 126,5 | 46,3    |
| H.G. a) | ---- | 10,5 | 34,6  | 32,5  | 49,3  | 40,5  | 31,2    |
| b)      | 12,3 | 9,3  | 55,3  | 50,6  | 35,1  | 51,2  | 43,1    |
| K.H. a) | ---- | 17,4 | 54,2  | 86,0  | 95,3  | 78,5  | 73,7    |
| b)      | 25,8 | 22,5 | 85,1  | 132,8 | 104,7 | 63,3  | 47,3    |
| P.C. a) | ---- | 12,3 | 49,1  | 39,9  | 55,2  | 47,7  | 20,9    |
| b)      | 13,8 | 11,6 | 55,2  | 44,0  | 48,1  | 64,9  | 27,8    |
| W.M. a) | ---- | 10,2 | 23,7  | 32,7  | 28,9  | 22,1  | 17,0    |
| b)      | 11,2 | 11,0 | 27,4  | 37,1  | 28,4  | 23,3  | 16,6    |
| L.W. a) | ---- | 10,2 | 31,2  | 37,1  | 32,3  | 35,8  | 19,7    |
| b)      | 9,4  | 11,9 | 33,6  | 22,4  | 26,0  | 23,3  | 22,6    |
| H.I. a) | ---- | 7,9  | 50,9  | 64,7  | 25,5  | 45,7  | 20,6    |
| b)      | 7,5  | 7,2  | 29,9  | 51,6  | 14,7  | 24,2  | 15,1    |
| W.I. a) | ---- | 14,3 | 71,0  | 99,8  | 67,4  | 114,2 | 47,6    |
| b)      | 19,4 | 27,1 | 64,6  | 101,5 | 103,5 | 76,7  | 66,5    |

Tabelle II a

Fläche unter den IMI-Kurven unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b);

Verhältnis der Flächen  $F_{GU} : F_A$  ( a : b )

|      |    |        |                |
|------|----|--------|----------------|
| H.F. | a) | 195,30 | a) : b) = 0,74 |
|      | b) | 265,60 |                |
| T.L. | a) | 447,60 | a) : b) = 1,06 |
|      | b) | 422,25 |                |
| W.R. | a) | 178,20 | a) : b) = 0,69 |
|      | b) | 258,30 |                |
| F.M. | a) | 326,00 | a) : b) = 0,85 |
|      | b) | 382,20 |                |
| A.H. | a) | 612,60 | a) : b) = 0,98 |
|      | b) | 624,65 |                |
| S.R. | a) | 339,55 | a) : b) = 1,58 |
|      | b) | 214,65 |                |
| H.V. | a) | 424,95 | a) : b) = 1,06 |
|      | b) | 401,95 |                |
| K.M. | a) | 751,20 | a) : b) = 2,31 |
|      | b) | 325,53 |                |
| N.M. | a) | 482,30 | a) : b) = 0,62 |
|      | b) | 780,20 |                |
| S.R. | a) | 157,70 | a) : b) = 0,87 |
|      | b) | 182,15 |                |
| E.K. | a) | 599,15 | a) : b) = 1,53 |
|      | b) | 390,85 |                |
| B.M. | a) | 166,60 | a) : b) = 0,81 |
|      | b) | 205,85 |                |
| L.E. | a) | 304,55 | a) : b) = 1,20 |
|      | b) | 253,40 |                |
| F.F. | a) | 414,65 | a) : b) = 1,54 |
|      | b) | 268,85 |                |

Tabelle II a  
(Fortsetzung)

|      |            |                |
|------|------------|----------------|
| S.E. | a) 851,20  | a) : b) = 1,08 |
|      | b) 788,55  |                |
| M.H. | a) 1053,40 | a) : b) = 1,96 |
|      | b) 538,95  |                |
| T.E. | a) 204,25  | a) : b) = 1,20 |
|      | b) 168,40  |                |
| H.H. | a) 391,20  | a) : b) = 0,93 |
|      | b) 422,15  |                |
| D.K. | a) 312,40  | a) : b) = 0,82 |
|      | b) 383,20  |                |
| B.J. | a) 1056,60 | a) : b) = 1,25 |
|      | b) 847,90  |                |
| N.K. | a) 716,20  | a) : b) = 1,10 |
|      | b) 551,40  |                |
| H.G. | a) 217,60  | a) : b) = 0,80 |
|      | b) 269,10  |                |
| K.H. | a) 455,65  | a) : b) = 1,92 |
|      | b) 476,10  |                |
| P.C. | a) 242,80  | a) : b) = 0,87 |
|      | b) 278,25  |                |
| W.M. | a) 140,55  | a) : b) = 0,94 |
|      | b) 149,95  |                |
| L.W. | a) 179,10  | a) : b) = 1,25 |
|      | b) 145,50  |                |
| H.I. | a) 234,20  | a) : b) = 1,55 |
|      | b) 151,20  |                |
| W.I. | a) 464,25  | a) : b) = 0,99 |
|      | b) 464,70  |                |

Tabelle III

Einzeilergebnisse des GGIT bei Probanden unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

NFS ( $\mu\text{Val/l}$ )

|         | - 15  | 0      | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|
| H.F. a) | ----  | 566,0  | 438,0 | 216,0 | 186,0 | 156,0 | 223,0   |
| b)      | 317,0 | 420,0  | 303,0 | 119,0 | 38,0  | 72,0  | 132,5   |
| T.L. a) | ----  | 195,0  | 89,0  | 115,5 | 54,0  | 39,0  | 11,5    |
| b)      | 227,5 | 174,5  | 167,5 | 141,5 | 115,5 | 125,5 | 96,5    |
| W.R. a) | ----  | 709,0  | 265,0 | 191,5 | 179,5 | 143,0 | 160,0   |
| b)      | 509,0 | 684,0  | 317,5 | 116,5 | 110,0 | 163,5 | 111,5   |
| F.M. a) | ----  | 342,5  | 169,0 | 179,5 | 135,5 | 138,0 | 105,0   |
| b)      | 543,5 | 729,0  | 251,5 | 205,0 | 219,5 | 139,0 | 126,0   |
| A.H. a) | ----  | 350,5  | 274,0 | 137,5 | 103,0 | 89,0  | 89,0    |
| b)      | 216,0 | 296,5  | 179,5 | 137,5 | 120,5 | 111,0 | 106,5   |
| S.R. a) | ----  | 319,0  | 145,0 | 99,5  | 87,0  | 72,5  | 71,0    |
| b)      | 534,5 | 427,5  | 163,5 | 76,0  | 73,5  | 62,0  | 83,5    |
| H.V. a) | ----  | 240,0  | 149,0 | 131,0 | 113,0 | 105,5 | 100,5   |
| b)      | 253,5 | 163,0  | 67,0  | 16,0  | 35,0  | 6,5   | 6,0     |
| K.M. a) | ----  | 1189,0 | 509,0 | 140,5 | 129,5 | 64,0  | 50,5    |
| b)      | 121,5 | 109,0  | 123,0 | 48,5  | 83,5  | 38,5  | 61,5    |
| N.M. a) | ----  | 288,0  | 185,5 | 131,5 | 132,0 | 172,0 | 180,0   |
| b)      | 376,0 | 405,5  | 346,0 | 159,5 | 104,0 | 125,0 | 62,0    |
| S.R. a) | ----  | 147,5  | 106,5 | 22,0  | 37,5  | 35,5  | 17,0    |
| b)      | 532,0 | 1017,0 | 336,5 | 113,5 | 76,5  | 30,5  | 70,5    |
| E.K. a) | ----  | 188,5  | 164,5 | 113,0 | 115,5 | 123,0 | 174,5   |
| b)      | 708,5 | 464,5  | 370,5 | 129,5 | 91,0  | 94,5  | 438,0   |
| B.M. a) | ----  | 431,0  | 384,0 | 233,0 | 175,5 | 160,5 | 135,5   |
| b)      | 705,5 | 789,0  | 372,0 | 235,0 | 163,5 | 150,5 | 290,0   |
| L.E. a) | ----  | 1062,5 | 577,0 | 205,5 | 168,5 | 113,5 | 103,0   |
| b)      | 344,0 | 460,5  | 555,0 | 194,5 | 112,0 | 67,0  | 30,0    |
| F.F. a) | ----  | 246,0  | 271,0 | 129,5 | 80,0  | 67,5  | 57,0    |
| b)      | 318,0 | 469,5  | 402,5 | 210,0 | 105,0 | 105,0 | 112,5   |

Tabelle III

(Fortsetzung)

|              | - 15   | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| S.E. a) ---- | 677,5  | 559,0 | 269,0 | 154,5 | 113,5 | 84,0  |         |
| b) 333,0     | 440,0  | 284,0 | 129,0 | 84,5  | 58,5  | 66,0  |         |
| M.H. a) ---- | 465,0  | 465,0 | 297,5 | 165,0 | 129,5 | 101,0 |         |
| b) 336,0     | 598,5  | 848,0 | 269,0 | 204,5 | 147,0 | 148,5 |         |
| T.E. a) ---- | 203,5  | 216,0 | 82,0  | 63,0  | 24,0  | 47,0  |         |
| b) 342,0     | 227,5  | 127,0 | 98,0  | 26,0  | 6,5   | 48,0  |         |
| H.H. a) ---- | 388,0  | 456,0 | 204,5 | 118,0 | 113,5 | 101,0 |         |
| b) 352,0     | 400,0  | 247,0 | 153,5 | 128,0 | 104,0 | 103,0 |         |
| D.K. a) ---- | 301,0  | 482,0 | 223,0 | 197,5 | 89,5  | 141,5 |         |
| b) 436,0     | 428,0  | 303,0 | 178,5 | 128,0 | 78,0  | 96,0  |         |
| B.J. a) ---- | 736,0  | 458,0 | 240,0 | 159,0 | 136,5 | 110,0 |         |
| b) 549,5     | 766,0  | 560,0 | 219,0 | 115,0 | 84,5  | 93,0  |         |
| N.K. a) ---- | 646,5  | 305,0 | 166,0 | 99,5  | 72,5  | 41,5  |         |
| b) 506,5     | 542,0  | 391,0 | 155,5 | 112,0 | 55,5  | 28,5  |         |
| H.G. a) ---- | 452,5  | 447,5 | 258,5 | 174,5 | 138,5 | 132,0 |         |
| b) 388,5     | 339,0  | 282,0 | 157,5 | 128,0 | 149,0 | 68,5  |         |
| K.H. a) ---- | 427,0  | 505,5 | 203,0 | 93,5  | 84,0  | 78,0  |         |
| b) 258,0     | 354,0  | 218,5 | 128,5 | 83,5  | 78,5  | 81,0  |         |
| P.C. a) ---- | 294,0  | 249,5 | 98,0  | 50,5  | 62,0  | 109,0 |         |
| b) 334,0     | 365,5  | 258,5 | 109,0 | 104,0 | 86,0  | 78,0  |         |
| W.M. a) ---- | 131,0  | 133,0 | 81,0  | 72,5  | 69,5  | 36,0  |         |
| b) 475,5     | 448,5  | 215,0 | 72,5  | 51,0  | 45,5  | 70,5  |         |
| L.W. a) ---- | 602,0  | 188,5 | 145,0 | 114,5 | 53,0  | 74,5  |         |
| b) 184,5     | 193,0  | 128,0 | 103,0 | 95,5  | 70,0  | 78,0  |         |
| H.I. a) ---- | 513,5  | 218,0 | 91,5  | 62,0  | 38,0  | 64,5  |         |
| b) 206,0     | 252,0  | 91,5  | 65,5  | 55,5  | 38,0  | 43,5  |         |
| W.I. a) ---- | 840,5  | 258,0 | 171,5 | 107,5 | 180,0 | 85,0  |         |
| b) 977,5     | 1006,0 | 418,0 | 197,0 | 93,0  | 67,0  | 46,5  |         |

Tabelle IV

Glukose-Mittelwerte des Gesamtkollektivs ( n = 28 ) bei oGTT unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 89,8 | 160,5 | 179,5 | 162,4 | 149,5 | 117,1   |
| SD           | ---- | 9,2  | 24,7  | 40,7  | 48,6  | 47,2  | 35,7    |
| VK           | ---- | 10,3 | 15,4  | 22,7  | 29,9  | 31,6  | 30,5    |
| SE           | ---- | 1,7  | 4,7   | 7,7   | 9,2   | 8,9   | 6,8     |
| b) $\bar{x}$ | 87,4 | 89,9 | 154,6 | 168,8 | 154,0 | 143,8 | 119,2   |
| SD           | 10,4 | 9,7  | 28,1  | 50,7  | 57,6  | 48,0  | 36,6    |
| VK           | 11,9 | 10,8 | 18,2  | 30,1  | 37,4  | 33,4  | 30,7    |
| SE           | 2,0  | 1,8  | 5,3   | 9,6   | 10,9  | 9,1   | 6,9     |
| p            |      | n.s. | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.    |

Tabelle V

IMI-Mittelwerte des Gesamtkollektivs ( n = 28 ) bei oGTT Unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30   | 60   | 90   | 120  | 180 min |
|--------------|------|------|------|------|------|------|---------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 15,0 | 69,1 | 73,9 | 82,4 | 84,5 | 54,4    |
| SD           | ---- | 10,2 | 51,0 | 40,8 | 57,1 | 62,0 | 40,2    |
| VK           | ---- | 67,9 | 73,8 | 55,2 | 69,2 | 73,4 | 73,9    |
| SE           | ---- | 1,9  | 9,6  | 7,7  | 10,8 | 11,7 | 7,6     |
| b) $\bar{x}$ | 15,6 | 14,3 | 64,7 | 78,0 | 73,9 | 72,1 | 48,1    |
| SD           | 6,0  | 5,1  | 28,7 | 43,9 | 49,6 | 50,0 | 34,5    |
| VK           | 38,7 | 35,7 | 44,3 | 56,3 | 67,1 | 69,3 | 71,7    |
| SE           | 1,1  | 1,0  | 5,5  | 8,3  | 9,4  | 9,5  | 6,5     |
| p            |      | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s.    |

Tabelle VI

NFS-Mittelwerte des Gesamtkollektivs ( n = 28 ) bei oGTT  
unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

[illegible]

Tabelle VII

Glukose-Mittelwerte der Gruppe 1) ( n = 5 ) bei oGTT unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90     | 120    | 180 min |
|--------------|------|------|-------|-------|--------|--------|---------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 86,1 | 137,4 | 128,4 | 122,5  | 95,9   | 84,3    |
| SD           | ---- | 8,5  | 11,6  | 9,3   | 22,2   | 10,9   | 14,5    |
| VK           | ---- | 9,9  | 8,5   | 7,2   | 18,1   | 11,4   | 17,2    |
| SE           | ---- | 3,8  | 5,2   | 4,2   | 9,9    | 4,9    | 6,5     |
| b) $\bar{x}$ | 83,0 | 82,3 | 139,2 | 124,3 | 87,8   | 79,4   | 104,2   |
| SD           | 7,1  | 7,9  | 23,2  | 36,5  | 13,1   | 3,9    | 36,4    |
| VK           | 8,6  | 9,6  | 16,6  | 29,3  | 14,9   | 4,9    | 35,0    |
| SE           | 3,2  | 3,5  | 10,4  | 16,3  | 5,9    | 1,7    | 16,3    |
| p            |      | n.s. | n.s.  | n.s.  | < 0,01 | < 0,01 | n.s.    |

Tabelle VIII

Glukose-Mittelwerte der Gruppe 2) ( n = 13 ) bei oGTT unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90    | 120   | 180 min |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 93,6 | 174,0 | 201,3 | 188,9 | 175,5 | 126,7   |
| SD           | ---- | 9,1  | 26,6  | 36,3  | 48,6  | 46,8  | 42,7    |
| VK           | ---- | 9,7  | 15,3  | 18,0  | 25,8  | 26,7  | 33,7    |
| SE           | ---- | 2,5  | 7,4   | 10,1  | 13,5  | 13,0  | 11,8    |
| b) $\bar{x}$ | 93,0 | 96,8 | 169,1 | 205,9 | 206,0 | 180,2 | 130,5   |
| SD           | 12,1 | 8,9  | 32,2  | 45,6  | 33,7  | 40,2  | 45,8    |
| VK           | 13,0 | 9,2  | 19,0  | 22,2  | 16,4  | 22,3  | 35,1    |
| SE           | 3,4  | 2,5  | 8,9   | 12,7  | 9,3   | 11,2  | 12,7    |
| p            |      | n.s. | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.    |

Tabelle IX

Glukose-Mittelwerte der Gruppe 3) ( n = 7 ) bei oGTT unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30       | 60       | 90     | 120      | 180 min  |
|--------------|------|------|----------|----------|--------|----------|----------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 88,7 | 155,2    | 186,0    | 161,0  | 158,9    | 123,1    |
| SD           | ---- | 9,0  | 17,9     | 28,7     | 38,7   | 23,6     | 15,9     |
| VK           | ---- | 10,1 | 11,5     | 15,4     | 24,0   | 14,9     | 12,9     |
| SE           | ---- | 3,4  | 6,8      | 10,9     | 14,6   | 8,9      | 6,0      |
| b) $\bar{x}$ | 82,3 | 83,7 | 137,7    | 134,0    | 117,0  | 121,3    | 105,7    |
| SD           | 4,8  | 3,1  | 11,4     | 19,9     | 19,7   | 10,8     | 8,2      |
| VK           | 5,9  | 3,7  | 8,3      | 14,8     | 16,8   | 8,9      | 7,7      |
| SE           | 1,8  | 1,2  | 4,3      | 7,5      | 7,4    | 4,1      | 3,1      |
| p            |      | n.s. | < 0,0025 | < 0,0025 | < 0,01 | < 0,0025 | < 0,0125 |

Tabelle X

Glukose-Mittelwerte der Gruppe 4) ( n = 3 ) bei oGTT unter GU-Bedingungen (a) und nach Ergometerarbeit (b)

|              | - 15 | 0    | 30    | 60    | 90    | 120    | 180 min |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
| a) $\bar{x}$ | ---- | 82,4 | 153,1 | 154,5 | 117,3 | 104,2  | 116,8   |
| SD           | ---- | 7,2  | 4,6   | 32,8  | 26,2  | 9,7    | 41,6    |
| VK           | ---- | 8,7  | 3,0   | 21,3  | 22,3  | 9,3    | 35,6    |
| SE           | ---- | 4,2  | 2,7   | 19,0  | 15,1  | 5,6    | 24,0    |
| b) $\bar{x}$ | 82,4 | 87,0 | 156,3 | 163,2 | 125,6 | 145,7  | 126,7   |
| SD           | 4,6  | 6,6  | 3,6   | 15,2  | 44,9  | 16,2   | 21,7    |
| VK           | 5,5  | 7,6  | 2,3   | 9,3   | 35,7  | 11,1   | 17,1    |
| SE           | 2,6  | 3,8  | 2,1   | 8,8   | 25,9  | 9,4    | 12,5    |
| p            |      | n.s. | n.s.  | n.s.  | n.s.  | < 0,01 | n.s.    |

## 6.0.0. DISKUSSION

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigten, daß sich bei Betrachtung des Gesamtkollektivs keine signifikanten Unterschiede des Ablaufs eines oGTT unter GU-Bedingungen einerseits, und nach Arbeit andererseits feststellen ließen.

Bei der Betrachtung der Einzelfälle bzw. bestimmter Gruppen jedoch erwies es sich, daß Muskelarbeit einen oGTT ganz entscheidend verändern konnte.

Interessant waren in diesem Zusammenhang vor allen Dingen diejenigen Fälle, bei denen die Ergometerbelastung einen Typenwandel der Blutzuckerkurven hervorrief und unter GU-Bedingungen zunächst pathologische Befunde normalisierte (Gruppe 3) bzw. zunächst normale Befunde in pathologische veränderte (Gruppe 4).

Für die Interpretation dieser Ergebnisse ist es notwendig, zunächst einmal die physiologischen Vorgänge des Glukosestoffwechsels und dessen Veränderungen durch den Einfluß eines Überangebotes von Glukose (in Form des Probetrunkes beim oGTT) einerseits und einer Muskelarbeit andererseits näher zu betrachten.

Unter GU-Bedingungen herrscht im Organismus eine Glukose-Homöostase, die in äußerst engen Grenzen konstant gehalten wird. Erfolgt ein Eingriff in dieses Gleichgewicht wie in unserer Untersuchungsreihe durch ein Glukoseüberangebot und eine vermehrte Arbeit der Skelettmuskulatur, so wird dies durch eine Reihe von Mechanismen beantwortet, die diesen Störfaktoren entgegenwirken. (20)

Die Homöostase wurde in unserem Falle von den drei gemessenen Parametern Nüchtern-Blutzucker, Nüchtern-Insulin und Nüchtern-NFS verkörpert. Störfaktor 1, die Glukosegabe, wirkte blutzuckererhöhend, Störfaktor 2, die Muskelarbeit, glukoseverbrauchend.

Im Mittelpunkt der Mechanismen, die dem Störfaktor 1 ent-

gegenwirken und eine durch das Überangebot von Glukose entstandene Hyperglykämie wieder in eine Normoglykämie zurückführen sollen, steht das Insulin. Durch physiologisch zugeführte, d.h. oral verabreichte Glukose wird bereits vor der vermehrten Diffusion des Zuckers über die Darmwand in die Blutbahnen durch Aktivierung der Entero hormone eine Stimulation der Insulinausschüttung hervorgerufen. So erklärt es sich, daß bei oraler Glukosegabe im allgemeinen höhere Insulinspiegel auftreten als nach intravenöser, obwohl bei letzterer höhere Blutzuckerspiegel erreicht werden. Von den insulinstimulierenden Entero hormonen haben Gastrin, Sekretin, Enteroglukagon, Cholezystokinin und nach neueren Untersuchungen möglicherweise auch die noch weitgehend unerforschten Hormone "vasoactive intestinal peptide" (VIP) und "gastric inhibitory peptide" (GIP) eine besondere Bedeutung. (16,48)

Eine weitere und wohl entscheidende Stimulierung der Insulinausschüttung erfolgt, nachdem durch die vermehrt diffundierende Glukose eine Hyperglykämie eingetreten ist.

Die Beseitigung der Hyperglykämie durch Insulin beruht auf verschiedenen Faktoren. Zunächst bewirkt dieses Hormon einen vermehrten Glukosetransport in die Zellen mit einem sekundär in diesen Zellen gesteigertem Glukoseabbau sowie einer gesteigerten Glykogensynthese. Dies wurde speziell an den Zellen der quergestreiften Muskulatur, des Herzens und des Fettgewebes nachgewiesen, während der Glukoseeinstrom in andere Körperzellen vermutlich insulinunabhängig ist. (38)

In der Leber sollen durch Insulin die glykolytischen Schlüsselenzyme angeregt werden und dadurch in diesem Organ eine vermehrte Glykolyse hervorrufen. Daneben wird vermutlich noch die Glykogensynthese durch die insulinbedingte Induktion des Enzyms Glykogensynthetase geför-

dert. Die Glykogenolyse und die Glukoneogenese werden gehemmt. (43,44,50,51,53)

Neben dem Insulin konnten noch andere gleichsinnig wirkende Substanzen nachgewiesen werden, die nicht mit dem immunologisch meßbaren Insulin identisch sind (insulin like activity = ILA). Neuerdings wird dieses ILA mit dem Peptidhormon Somatomedin, das über STH einer hypophysären Steuerung unterliegt, in Verbindung gebracht. (56)

Ein weiterer Faktor der Glukoseelimination ist schließlich die Ausscheidung über die Nieren, sobald eine Blutzuckerschwelle von 160 - 180 mg% erreicht wird. Dies dürfte für einen normalen Organismus jedoch nicht in Betracht kommen, für einen Diabetiker aber eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen. (8)

Neben der Wirkung auf den Kohlenhydratstoffwechsel, speziell der Beseitigung einer Hyperglykämie, kommt dem Insulin auch eine entscheidende Rolle im Fettstoffwechsel zu.

In unserer Untersuchungsreihe war dies am Beispiel der NFS sichtbar.

Die durch die Glukose hervorgerufene vermehrte Insulinausschüttung bewirkt innerhalb kürzester Zeit eine Senkung des NFS-Spiegels und zwar schneller und nachhaltiger als die Senkung des Blutzuckerspiegels. Dies beruht auf der antilipolytischen und fettsynthesestimulierenden Wirkung des Insulins. An dieser Stelle sind Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel eng miteinander verknüpft, da das bei der Glykolyse anfallende Glyzerin-Phosphat zum Teil zur Fettsynthese herangezogen wird und auf diese Weise Fett auf Kosten von Kohlenhydraten unter dem maßgeblichen Einfluß von Insulin aufgebaut wird. (3,20,22,31)

Den NFS wird außerdem noch eine eigene, insulinantagonistische Wirkung zugeschrieben, woraus die enge Wechselwirkung zwischen dem Fettstoffwechsel und dem Insulin noch deutlicher sichtbar wird. (10,42)

Der Störfaktor 2 (Muskelarbeit), der in die Glukosehomöostase eingreift, wirkt glukoseverbrauchend.

Es ist bekannt, daß der arbeitende Skelettmuskel seinen Energiebedarf durch die Oxydation von Kohlenhydraten und aus der Fettverbrennung deckt. Die bei diesen exergonischen Vorgängen freiwerdende Energie wird der Synthese energiereicher Phosphate, insbesondere des ATP, das für die Muskelkontraktion unerläßlich ist, zur Verfügung gestellt. (5,25,30,37)

Zunächst zum Einfluß der Muskelarbeit auf den Glukosestoffwechsel:

Die Glukose liefert dem arbeitenden Muskel Energie in Form energiereicher Phosphate, die bei der aeroben und anaeroben Glykolyse entstehen. (1,20,31,45)

Im wesentlichen steht die Glukose in drei Formen zur Verfügung:

1) als Blutzucker

2) als Muskelglykogen (Glukosedepot Nr.1)

3) als Leberglykogen (Glukosedepot Nr.2)

Es wurde nachgewiesen, daß Muskelarbeit einen vermehrten Glukoseeinstrom in die Muskelzellen nach sich zieht, der den Ruheeinstrom um ein mehrfaches übersteigt und auch noch in der Erholungsphase nachzuweisen ist. (11,29)

Die als Blutzucker zur Verfügung stehende Glukose kann - insbesondere im Nüchternzustand - nicht schrankenlos für das Muskelgewebe allein ausgenützt werden, da aufgrund einer so entstehenden Hypoglykämie die Funktion anderer wichtiger Organe zum Erliegen käme. Der Glukosebedarf der arbeitenden Muskulatur muß daher aus anderen Reserven ständig nachgeliefert werden.

Das erste Glukosedepot findet sich am Ort des vermehrten Bedarfs: das Muskelglykogen.

Bergström und Hultman konnten zeigen, daß das Muskelglykogen selektiv in der arbeitenden Muskulatur abgebaut wird, um später in der Erholungsphase überschießend wieder

aufgebaut zu werden..Die Glykogenreserven der ruhenden Muskulatur werden hierbei nicht angegriffen. (4)

Die Verfügbarkeit des Muskelglykogens als Glukose wird über die Freisetzung einer Reihe kontrainsulinär wirkender Hormone bewerkstelligt.Durch Arbeit werden in erster Linie Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin) mobilisiert,die über die Stimulation von Adenylzyklase und die Bildung von zyklischem AMP, das seinerseits wiederum die Phosphorylasen aktiviert,eine Glykogenolyse des Muskelglykogens bewirken. (34,54,55)

Da bei einer längeranhaltenden Muskelarbeit jedoch die Muskelglykogenreserven nicht ausreichend sind,muß der Glukosebedarf auch aus dem Depot Nr.2,dem Leberglykogen, gedeckt werden.Dieses Leberglykogen stellt die wichtigste und ergiebigste Glukosereserve im Organismus dar,da es nicht nur während der Arbeit ständig Nachschub zu leisten hat,sondern auch in der Erholungsphase zur Wiederauffüllung der erschöpften Depots herangezogen wird.Die Glykogenolyse des Leberglykogens wird ebenfalls durch die Katecholamine über zyklisches AMP bewirkt,zusätzlich aber auch durch das bei Arbeit ebenfalls vermehrt ausgeschüttete Glukagon,das ebenfalls über zyklisches AMP wirkt,seinen Einfluß aber nur aus das Leberglykogen und nicht auf das Muskelglykogen ausübt. (20,42,54,55)

Der Glukosenachschub aus der Leber wird aber nicht nur durch die Mobilisation des Glykogens allein,sondern auch durch eine vermehrte Glukoneogenese in diesem Organ sichergestellt.

Diese Glukoneogenese wird vor allen Dingen über die Glukokortikoide der Nebennierenrinde angeregt,die durch ihren vor allem eiweiß-katabolen Effekt den Stoffwechsel auf die vermehrte Bildung von Glukose umstellen.Neben den Glukokortikoiden hat auch das Glukagon eine derartige Wirkung. (18)

Neben den Katecholaminen,Glukagon und den Glukokortikoiden

werden noch weitere kontrainsulinär wirkende Hormone wie STH und ACTH durch Arbeit freigesetzt, die teilweise ihren Effekt über die obengenannten Hormone ausüben, teilweise aber auch eine Eigenwirkung auf den Glukosestoffwechsel haben. (57,59)

In unseren Untersuchungen zeigte sich beim Vergleich der Nüchternblutzuckerwerte vor und nach der Arbeit, daß in den meisten Fällen (nämlich bei 17 Probanden) bereits durch die Arbeit ein mäßiger Blutzuckeranstieg erfolgte. Dies könnte ein Hinweis auf eine schon während der Arbeit eingetretene glukoseliefernde Stoffwechselleistung der Leber sein.

Der Einfluß von Muskellarbeit auf die Insulinausschüttung wurde mehrfach untersucht.

Es steht fest, daß Arbeit eine Verminderung der pankreatischen Insulinausschüttung, andererseits aber auch eine Freisetzung peripher gebundenen Insulins bewirkt. (12,26, 58)

Aus der gedrosselten Aktivität der  $\beta$ -Zellen des Pankreas bei Arbeit könnte man nun schließen, daß der Glukoseeinstrom in die Zellen insulinunabhängig durch die Muskelkontraktionen hervorgerufen wird. Dagegen sprechen jedoch Untersuchungen am pankreatektomierten Hund und am insulinpflichtigen Diabetiker, bei dem Insulin abgesetzt wurde; in diesen Fällen wurde bei Muskellarbeit kein Glukoseeinstrom in die Zellen nachgewiesen, der Blutzucker dagegen stieg an. (46)

Demnach scheint die Glukoseeinschleusung an vorhandene Insulinreserven gebunden zu sein, auch wenn Muskellarbeit diesen Vorgang erleichtert und - wie es vom insulinpflichtigen Diabetiker bekannt ist - insulinsparend wirkt.

Nach Beendigung der Arbeit scheint kein Einfluß mehr auf die Insulinausschüttung zu bestehen. (47)

Die Rolle der NFS bei Muskellarbeit:

Neben der Bereitstellung von Energie durch die Glykolyse kommt dem arbeitenden Muskel besonders auch der Energie -

anfall durch die  $\beta$ -Oxydation der NFS zugute. Die durch die Arbeit verbrauchten NFS aus dem Blut werden aus den Fettdepots durch eine gleich zu Beginn der Arbeit einsetzende exzessive Lipolyse wieder nachgeliefert. (5)

Der NFS-Spiegel steigt aus diesem Grunde meist stark an. (In unserer Untersuchung war dies in 19 Fällen zu beobachten). Bei dieser Lipolyse kommt den bereits im Rahmen des Glukosestoffwechsels erwähnten hormonalen Verschiebungen eine große Bedeutung zu, wobei die Katecholamine wiederum die Hauptrolle spielen. Auch hier wird über Adenylzyklase und zyklisches AMP ein Enzym, die hormonsensitive Lipase, stimuliert, die die Spaltung der Triglyzeride in Glycerin und NFS katalysiert. Einen zusätzlichen Effekt auf dieses Enzym haben die Glukokortikoide und STH, beides Hormone, die ebenfalls bei Muskelarbeit vermehrt ausgeschüttet werden. Auch die bei Arbeit verminderte Sekretion von Insulin als antilipolytischem Hormon scheint das Anwachsen der NFS-Spiegel zu begünstigen. (20, 21, 22, 36)

Neben den Veränderungen im Stoffwechselgeschehen wird durch Arbeit auch die Durchblutung in den einzelnen Organsystemen unterschiedlich beeinflusst.

Für die vorliegende Untersuchung sind vor allem zwei Organsysteme der näheren Betrachtung wert:

Die Skelettmuskulatur und der Intestinaltrakt.

Während die Durchblutung der Skelettmuskulatur schon bei leichter Arbeit auf das vierfache, bei schwerer Arbeit auf das über zehnfache ansteigt, ist bei der Abdominaldurchblutung der umgekehrte Vorgang zu beobachten. Hier sinkt die Durchblutung bei geringer Belastung um etwa 20%, bei starker Belastung sogar um mehr als 50%. Aufgrund dieser Durchblutungsverhältnisse könnte auf eine verzögerte Resorption des Glukoseprobetrunkes aus dem Intestinaltrakt geschlossen werden, wenn dem oGTT eine Muskelarbeit vorausgeht. Nach Fordtran und Saltin hat jedoch Arbeit keinen entscheidenden Effekt auf die Glukoseresorption. (17, 30)

Auch in unserer Untersuchungsreihe war eine Wirkung in dieser Richtung nicht eindeutig festzustellen. Die Blutzuckermaxima waren in beiden Reihen etwa gleich und in neun Fällen wurde der höchste Blutzuckerwert nach Arbeit sogar schneller erreicht als unter GU-Bedingungen.

Die bisher gemachten Ausführungen über die physiologischen Vorgänge beschränkten sich darauf, die Veränderungen der Glukosehomöostase, die einerseits durch die Glukosegabe, andererseits durch die Muskelarbeit hervorgerufen werden, jeweils getrennt zu betrachten.

Durch unseren Versuchsaufbau war es jedoch gegeben, daß die beiden Störfaktoren der Homöostase hintereinandergeschaltet waren, d.h. die Glukosegabe erfolgte nach einer Ergometerarbeit, so daß der glukoseverbrauchende Prozeß sich vor dem glukoseerhöhenden Prozeß abspielte.

Nach den Untersuchungen von Bergström und Hultman wäre zu erwarten, daß die erschöpften Muskelglykogenreserven zu einem Großteil aus der angebotenen Glukose ersetzt würden. Dies hätte zu Folge, daß die Blutzuckerspiegel beim oGTT nach Arbeit niedriger liegen müßten als beim oGTT unter GU-Bedingungen. (4)

Bei einem Teil unserer Probanden war dies auch der Fall. Die anderen Probanden wiesen aber beim oGTT nach Arbeit unveränderte oder sogar erhöhte Blutzuckerspiegel gegenüber GU-Bedingungen auf.

Dieses Blutzuckerverhalten könnte zum Teil dadurch begründet sein, daß die standardisierte körperliche Belastung von 75 Watt nicht von allen Personen gleich bewältigt wurde und von Konstitution und Trainingszustand abhing, woraus eine unterschiedliche Ausnutzung und Resynthese des Muskelglykogens resultierte.

Diejenigen Fälle aber, die gegenüber GU-Bedingungen sogar erhöhte Blutzuckerspiegel beim oGTT nach Arbeit zeigten, können mit dieser Theorie nicht erklärt werden.

Es ist daher anzunehmen, daß durch Arbeit hypoglykämie-verhindernde Mechanismen hervorgerufen werden, deren Effekt so stark ist, daß selbst ein ausreichendes Glukoseangebot im Anschluß an die Arbeit sie nicht mehr unterdrücken kann.

Reinheimer, Davidson und Albrink zeigten, daß eine Ergometerarbeit während eines oGTT eine Erhöhung der Blutzuckerkurven bewirkt und bei Arbeit nie so tiefe Glukosespiegel auftreten wie bei den Ruhe-Vergleichskurven. (47)

Die hypoglykämie-verhindernden Mechanismen scheinen vor allem die Glukoseabgabe aus der Leber zu fördern und zwar teils über eine vermehrte Glykogenolyse, teils über eine gesteigerte Glukoneogenese. Bei denjenigen Probanden, deren Blutzuckerkurven durch Arbeit nicht erniedrigt wurden, schienen die Vorgänge in der Leber zu überwiegen. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die bei unseren Probanden resultierenden Glukosekurven zwei einander entgegengewirkenden Einflüssen unterlagen: einerseits den hypoglykämie-verhindernden Mechanismen, die offenbar noch längere Zeit nach Beendigung der Arbeit wirksam waren, andererseits aber auch den zur Wiederherstellung erschöpfter Reserven einsetzenden glukoseverbrauchenden Prozessen. Wenn der glukoseverbrauchende Prozeß im Vordergrund stand, kam es dadurch zu einer Verbesserung des oGTT, ersichtlich an dem gegenüber GU-Bedingungen erniedrigten Kurvenverlauf. Bestand zwischen den hypoglykämie-verhindernden und den glukose-verbrauchenden Mechanismen ein Gleichgewicht, so wurde der Verlauf und die Höhe der Blutzuckerkurven durch Arbeit weniger oder nicht verändert. Überwog jedoch der hypoglykämie-verhindernde Prozeß, so resultierte daraus eine Verschlechterung des oGTT mit einem gegenüber GU-Bedingungen erhöhten Verlauf der Blutzuckerkurven. Die Betrachtung der Einzelfälle zeigte, daß bei den meisten Probanden der glukoseverbrauchende Prozeß die Oberhand

hatte. Dies wurde besonders beim Vergleich der Flächen unter den Blutzuckerkurven ersichtlich, die in 18 von 28 Fällen nach Arbeit niedriger waren als unter GU-Bedingungen. (siehe Tabelle Ia)

Weiterhin fiel auf, daß durch Arbeit auch die Form der Blutzuckerkurven verändert wurde. Es kam zu Verschiebungen des Blutzuckermaximums, zum Auftreten eines zweiten Blutzuckergipfels und zu zeitlichen Differenzen beim Erreichen des tiefsten Blutzuckerspiegels.

Die Tatsache, daß bei neun Probanden das Blutzuckermaximum und bei ebenfalls neun Probanden der tiefste Blutzuckerspiegel nach Arbeit schneller erreicht wurde, deutet auf einen vermehrten Glukoseumsatz.

Das nach Arbeit öfter zu beobachtende Auftreten eines zweiten Blutzuckergipfels ist möglicherweise eine Folge der hypoglykämie-verhindernden Mechanismen. Bemerkenswert ist, daß in manchen Fällen (z.B. bei Proband Nr. 11) dieses erneute Anwachsen des Blutzuckerspiegels auch dann eintrat, wenn keine Hypoglykämie drohte und der Blutzuckerwert noch weit über der Norm stand. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, daß dieser gegenregulatorische Vorgang durch Rezeptoren gesteuert wird, die nicht nur auf absolut niedrige Blutzuckerspiegel ansprechen, sondern auch bei einem raschen Abfall der Glukosekonzentration reagieren.

Die Insulinspiegel reagierten in den meisten Fällen exakt auf das erneute Ansteigen der Blutzuckerkonzentration, d.h. ein zweiter Blutzuckergipfel bewirkte auch einen zweiten Gipfel der IMI-Kurven, so daß die einander entsprechenden Glukose- und IMI-Kurven untereinander eine starke Ähnlichkeit aufwiesen, während sich die NFS-Kurven von diesen Vorgängen weitgehend unbeeinflusst zeigten. Unter Berücksichtigung der  $\alpha$ - und  $\beta$ -adrenergen Rezeptoren-Theorie kann dieser Effekt vielleicht als  $\alpha$ -adrenerge Katecholaminwirkung erklärt werden: Während die Muskelglykogenolyse und die Lipolyse weitgehend durch die  $\beta$ -mimetische Wirkung des

Adrenalin stimuliert werden, hängt die Glykogenolyse der Leber von den  $\alpha$ -mimetischen Wirkungen des Noradrenalin und des Adrenalin ab. (49)

Ein  $\beta$ -mimetischer Effekt lag wohl dem Wiederanstieg des Blutzuckers nicht zugrunde, da eine Glykogenolyse in der vermutlich weitgehend erschöpften Muskulatur unwahrscheinlich war und auch die unverändert niedrigen NFS-Spiegel zum Zeitpunkt des Blutzuckerwiederanstiegs keinen Hinweis auf eine gesteigerte Lipolyse gaben. Damit dürfte der nochmalige Glukoseanstieg auf eine Glykolyse in der Leber durch einen  $\alpha$ -adrenergen Katecholamineffekt erfolgt sein. Für einen  $\alpha$ -adrenergen Effekt sprechen auch die Untersuchungen von Reinheimer, Davidson und Albrink. In diesen Untersuchungen wurde bei Probanden, deren  $\alpha$ -Rezeptoren durch Phentolamin blockiert waren, ein oGTT mit zwischenzeitlicher Ergometerarbeit durchgeführt. In diesen Fällen blieb ein Wiederanstieg der Glukose im Gegensatz zu den Blutzuckervergleichskurven ohne  $\alpha$ -Rezeptorenblockade aus. (47)

Die IMI-Kurven nach oGTT nahmen in unserer Untersuchungsreihe in den Einzelfällen einen weitgehend mit den entsprechenden Glukosekurven übereinstimmenden Verlauf. Auffallend war die von Proband zu Proband unterschiedliche Insulinausschüttung, wobei sich zeigte, daß bei pathologisch ausfallendem oGTT die Insulinsekretion entweder normal oder überschießend war (Diabetiker mit absolutem Insulinmangel fanden sich nicht in unserem Patientengut), während bei normal ausfallendem oGTT keine überschießende Insulinsekretion zu beobachten war. Eine eindeutige Abhängigkeit einer vermehrten Insulinausschüttung vom Übergewicht war nicht festzustellen: d.h. übergewichtige Probanden hatten oft eine normale Insulinausschüttung, während Normalgewichtige eine überschießende Sekretion hatten. Welchen Einfluß die Ergometerarbeit auf die Insulinausschüttung nach oGTT hatte, ist in unserer Untersuchungs-

reihe nicht sicher zu beurteilen.

Während - wie bereits erwähnt - nachgewiesen wurde, daß Muskelarbeit während der Dauer der Arbeit eine Insulinmindersekretion und eine Freisetzung peripher gebundenen Insulins bewirkt, ist in der Erholungsphase kein direkter Einfluß auf das Insulin mehr festzustellen. (12,26,47) Die Veränderungen, die sich in unserer Untersuchung nach Arbeit gegenüber GU-Bedingungen ergaben, waren demnach wohl weniger durch die Muskelarbeit selbst, sondern eher sekundär über die durch Arbeit induzierten Veränderungen im Blutzuckerverhalten bedingt.

Ein bemerkenswerter Aspekt ergab sich bei der Korrelation der Flächen unter den Blutzuckerkurven mit den Flächen unter den IMI-Kurven nach oGTT (siehe Abb.10 und 11).

Während unter GU-Bedingungen eine gute Korrelation zwischen den Glukose- und IMI-Flächen bestand, war nach Arbeit die Stimulation der Insulinsekretion durch den Blutzucker gewissermaßen "entkoppelt". Unter GU-Bedingungen ließ sich eindeutig eine Abhängigkeit der Insulinausschüttung von der Höhe der Blutzuckerspiegel feststellen, nach Arbeit schien die Insulinsekretion jedoch nur noch teilweise vom Blutzucker angeregt zu werden.

Dies läßt den Schluß zu, daß die Blutzuckerregulation unter GU-Bedingungen weitgehend vom Insulin bestimmt wird, während nach Arbeit die Glukose nur noch zum Teil vom Insulin beeinflusst wird und anderen metabolischen und hormonalen Einflüssen gehorcht.

Auf den Verlauf der NFS-Kurven nach oGTT ließ sich kein eindeutiger Einfluß der Arbeit nachweisen (siehe Abb.12 und Tab. VI). Der Effekt einer Ergometerarbeit auf die NFS-Spiegel konnte lediglich vor dem oGTT beobachtet werden, in einem Stadium also, in dem die Probanden noch im Nüchternzustand waren. Wie bereits erwähnt, zeigte sich in fast allen Fällen ein deutlicher Anstieg der Nüchtern-NFS-Spiegel, was auf eine verstärkte Lipolyse durch die arbeits-

bedingten Hormonverschiebungen schließen läßt. Nach Verabreichung des Glukoseprobetrunkes fielen die NFS sowohl unter GU-Bedingungen als auch nach Arbeit kontinuierlich ab, wenngleich sich nach Arbeit in einigen Fällen eine etwas verstärkte Tendenz zur Rückkehr zu den Ausgangswerten zeigte.

Hier zeigt sich wiederum der Insulineffekt besonders deutlich: es scheinen geringste Erhöhungen der Insulinsekretion zu genügen, um einen Stop der Lipolyse und ein verstärktes Einsetzen der Fettsynthese zu bewirken. Die anderen im Bezug auf den Fettstoffwechsel kontrainsulinären Hormone haben bei ausreichender Insulinsekretion auf die NFS dann nur noch eine untergeordnete Wirkung.

Hält man sich vor Augen, daß im Nüchternzustand der Hauptlieferant der arbeitenden Muskulatur die NFS sind, bei ausreichender Glukosezufuhr der Energiebedarf in der Hauptsache aber von der Glukose übernommen wird (27), so wird ersichtlich, welche ökonomische Bedeutung das Insulin hat. Die im Nüchternzustand zur Energieversorgung wichtige Lipolyse wird sofort durch eine glukosebedingte Insulinsekretion angehalten und der Energiebedarf aus der "wirtschaftlichen" Glukoseverbrennung gedeckt.

Betrachtet man die Ergebnisse vom klinischen Standpunkt, so ergibt sich in erster Linie die Frage, unter welcher der beiden Bedingungen - GU-Bedingungen oder Arbeit - der oGTT für die Feststellung einer gestörten Glukosetoleranz bzw. für die Diagnose eines Diabetes mellitus besser verwertbar ist.

Die Untersuchungen von Kirchner und Mitarbeitern zeigten anhand eines intravenösen Glukosetoleranztests, daß eine während des iv-GTT durchgeführte Muskelarbeit die Glukoseeliminationskonstante  $K_G$  deutlich beeinflußt. Es findet sich eine deutliche Beschleunigung der Glukoseelimination und eine vom Grad der Muskelbelastung abhängige

Steigerung des Glukoseumsatzes.Ähnliche Ergebnisse brachten Untersuchungen von Pruett und Mitarbeitern.(15,33,39) Aus diesem Grunde wird der iv-GTT meist unter GU-Bedingungen durchgeführt.

Im Gegensatz dazu wird der oGTT häufig ambulant nach wechselnder körperlicher Betätigung unter von Patient zu Patient unterschiedlichen Bedingungen ausgeführt.

Bei unseren Untersuchungen ergaben sich im Kollektiv keine signifikanten Unterschiede der Blutzucker- bzw. Insulinwerte des oGTT unter GU-Bedingungen einerseits und nach Arbeit andererseits.Im Einzelfall differierten die Werte jedoch erheblich,so daß in einigen Fällen subklinische Diabetiker nach Arbeit einen oGTT aufwiesen,der keinen Hinweis auf eine gestörte Glukosetoleranz gab.Bei 18 der untersuchten Personen blieb die Beurteilung des oGTT unter GU-Bedingungen und nach Arbeit gleich,d.h.normale Blutzuckerkurven blieben auch unter dem Einfluß der Arbeit normal und pathologische Blutzuckerkurven blieben pathologisch (zusammengefaßt in den Gruppen 1 und 2;siehe Abb. 3 und Abb.4 / Tab. VII und Tab. VIII).Die unveränderte klinische Beurteilung der Blutzuckerkurven bedeutete jedoch nicht,daß Höhe und Verlauf dieser Kurven von der Arbeit unbeeinflusst blieben.Auch hier zeigten sich einige Verschiebungen,besonders deutlich zu sehen bei den Ergebnissen der Gruppe 1 (Abb.3)

Bei 10 der 28 untersuchten Probanden (= 35,7 %) wurde durch Arbeit die Beurteilung des oGTT verändert.Davon war bei sieben Probanden (Gruppe 3) eine Verbesserung der Beurteilung des oGTT festzustellen (siehe Abb.5 und Tab. IX),bei drei Probanden (Gruppe 4) eine Verschlechterung (siehe Abb.6 und Tab. X).

Da also eine Ergometerarbeit bei mehr als einem Drittel der Probanden eine Veränderung in der Beurteilung des oGTT bewirkte,die wiederum in den meisten Fällen dazu führte,daß beim oGTT nach Arbeit ein unter GU-Bedingun-

gen erkennbarer subklinischer Diabetes mellitus nicht mehr diagnostizierbar war, erscheint die Forderung berechtigt, den oGTT unter standardisierten GU-Bedingungen durchzuführen. Die nicht vorhersehbaren Verhaltensweisen der Leber (vermehrte Glukoseabgabe während und nach einer Arbeit) und der Muskulatur (unterschiedliche Ausnutzung des Glukoseangebots) nach einer Ergometerarbeit, beeinflussen den Ablauf eines oGTT individuell derart unterschiedlich, daß die dabei erhaltenen Ergebnisse zu Fehldiagnosen führen können. Unter GU-Bedingungen scheint der Glukosestoffwechsel weitaus weniger den nicht-insulinbedingten metabolischen und hormonellen Veränderungen zu unterliegen, so daß unter diesen Bedingungen der oGTT ein guter Test für die Funktionstüchtigkeit der Insulinaktivität ist und damit brauchbare Ergebnisse für die Diagnose eines Diabetes mellitus liefert.

Bei der Bewertung von zweimal 112 einander entsprechenden Blutzuckerwerten (siehe Abb. 2) zeigte sich, daß beim oGTT unter GU-Bedingungen eine größere Zahl an pathologischen (40,2 %) Werten (gegenüber 30,4 % beim oGTT nach Ergometerarbeit) erfaßt werden konnten.

Wir schlagen deshalb zur Durchführung des oGTT folgende Vorbereitungen vor:

Um GU-Bedingungen zu schaffen, wäre eine kurzfristige Aufnahme des Patienten auf einer Station die optimale Lösung. Durch diese Maßnahme könnten eine 12-stündige Nahrungskarenz und eine ebensolange Bettruhe ohne Schwierigkeiten eingehalten werden.

Da dieses Vorgehen jedoch nur bei einem kleinen Teil der Patienten realisierbar ist, wäre eine Alternative, den Patienten anzuhalten, sich zum einen vor dem oGTT nicht übermäßig körperlich zu belasten (z.B. durch Treppensteigen) und zum anderen auch während des oGTT keine körperliche Tätigkeit (z.B. Aufstehen, Umhergehen) auszuführen.

## 7.0.0. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Frage des Einflusses einer Muskelarbeit auf das Ergebnis eines oralen Glukosetoleranztestes wurden 28 Probanden untersucht.

Bei diesen Probanden wurde an zwei verschiedenen Tagen je ein oGTT durchgeführt: einmal unter Grundumsatzbedingungen, das andere Mal nach 15-minütiger Ergometerarbeit bei 75 Watt.

Aus dem Blut bzw. Serum der Probanden wurden Blutzucker, freie Fettsäuren und Insulin bestimmt.

Im Gesamtkollektiv war zwischen dem oGTT unter GU-Bedingungen und dem oGTT nach Arbeit kein signifikanter Unterschied festzustellen. Im Einzelfall differierten die Ergebnisse jedoch erheblich.

Aufgrund des Blutzuckerverhaltens konnten die Probanden in vier Gruppen eingeteilt werden:

Bei der ersten Gruppe ( $n = 5$ ) blieb ein unter GU-Bedingungen normaler oGTT auch nach Arbeit normal.

Bei der zweiten Gruppe ( $n = 13$ ) wurde ein unter GU-Bedingungen pathologischer oGTT auch durch Arbeit nicht verändert.

Bei der dritten Gruppe ( $n = 7$ ) normalisierte sich ein unter GU-Bedingungen pathologischer oGTT.

Bei der vierten Gruppe schließlich ( $n = 3$ ) verschlechterte sich der oGTT durch Arbeit.

Dieses unterschiedliche Verhalten dürfte darin begründet gewesen sein, daß entweder die durch Arbeit hervorgerufenen hypoglykämie-verhindernden Faktoren im Vordergrund standen (der oGTT verschlechterte sich dann), oder der glukoseverbrauchende Prozeß überwog (in diesem Falle kam es zu einer Verbesserung des oGTT).

Der Einfluß der Arbeit auf das Verhalten der freien Fettsäuren und des Insulins konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden.

Die Tatsache, daß Arbeit das Blutzuckerverhalten beim oGTT

beeinflussen kann, und zwar in vielen Fällen derart, daß ein subklinischer Diabetiker nicht mehr als solcher erkannt werden kann, läßt die Forderung berechtigt erscheinen, einen oGTT nur unter standardisierten GU-Bedingungen durchzuführen.

Die optimale Lösung wäre, die zu untersuchenden Patienten vor dem oGTT stationär aufzunehmen.

Da sich dies jedoch im allgemeinen kaum praktisch durchführen läßt, müßte mindestens gefordert werden, daß sich der zu untersuchende Patient vor und während des Tests möglichst wenig körperlich betätigt.

## 8.0.0. LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Anabitar, M., L. Bianchi, W. Reutter  
Stoffwechselwege der Leber und Organellen  
2. Aufl., Dr. Falk GmbH & Co., Freiburg 1974
- 2) Behringer, A.  
Untersuchung des Kohlenhydratstoffwechsels  
in Deutsch, E., G. Geyer: Laboratoriumsdiagnostik, Steinkopf - Berlin 1969
- 3) Berger, M., L. Herberg, F. A. Gries, K. Oberdisse  
Zum antilipolytischen Effekt des Insulins am menschlichen Fettgewebe in vitro  
Diabetologia, 9 - (1969) - 125
- 4) Bergström, J. E., E. Hultman  
Muscle Glycogen Synthesis, an Enhancing Factor localized to the Muscle Cells in Man  
Nature, 210 - (1966) - 309
- 5) Bode, C., M. Klingenberg  
Die Veratmung von Fettsäuren in isolierten Mitochondrien  
Biochem. Z., 341 - (1965) - 271
- 6) Boehringer-Mannheim  
Blutzucker - GOD-Methode - Enzymatische Bestimmung der Blutzucker-Konzentration  
Boehringer Testfibel, Mannheim 1973
- 7) Campbell, R. C., P. Ihm  
Statistische Methoden für Biologie und Medizin  
Thieme - Stuttgart 1971

- 8) Deetjen, P., J.W. Boylan, K. Kramer  
Niere und Wasserhaushalt  
2. Aufl., Urban & Schwarzenberg - München 1973
- 9) Delorme, M.  
Hemmung der Insulinwirkung durch die freien Fettsäuren beim Hund  
Klin. Wschr., 43 - (1965) - 729
- 10) Diem, K.  
Wissenschaftliche Tabellen  
7. Aufl., Documenta Geigy, Basel 1968
- 11) Dieterle, C.  
Zum Muskelstoffwechsel, Substrataufnahme beim Gesunden unter Grundumsatzbedingungen und bei kurzzeitiger Belastung  
Dissertation, Universität München 1970
- 12) Dieterle, P., B. Birkner, C. Dieterle, P. Ehrhardt, K. H. Gmeiner, J. Henner, P. Wagner  
Release of Peripherally Stored Insulin during Acute Muscular Work in Man  
Horm. Metab. Res., 5 - (1973) - 316
- 13) Dieterle, P., C. Wülfert-Heldrich, J. Henner, K. Schwarz  
Erfahrungen mit einer kolorimetrischen Methode zur Bestimmung der nicht veresterten Fettsäuren.  
Zschr. klin. Chem. klin. Biochem., 5 - (1968) - 153
- 14) Duncombe, W. G.  
The Colorimetric Determination of Nonesterified Fatty Acids in Plasma  
Clin. Chem. Acta, 9 - (1964) - 122

- 15) Pruett, E.D.R., S.Oseid  
Effekt of Exercise on Glucose and Insulin Response  
to Glucose Infusion  
Scand.J.Clin.Lab., 26 - (1970) - 277
- 16) Fischer, U., H.Hommel, M.Ziegler, R.Michael  
The Mechanism of Insulin Sekretion after Oral Glucose Administration: I. Multiphasic Course of Insulin Mobilization after Oral Administration of Glucose in Conscious Dogs. Differences to the Behavior after Intravenous Administration  
Diabetologia, 8 - (1972) - 104
- 17) Fordtran, J.S., Saltin B.  
Gastric Emptying and Intestinal Absorption during Prolonged Severe Exercise  
J.Appl.Physiol., 23 - (1967) - 331
- 18) Friedman, N.J., H.Exton, C.R.Park  
Interaction of Adrenal Steroids and Glucagon on Glucocorticoogenesis in Perfused Rat Liver  
Biochem.Biophys.Res.Comm., 29 - (67) - 113
- 19) Frommelt, D.  
Radioimmunologische Insulinbestimmung  
Dissertation, Universität München 1975 (im Druck)
- 20) Ganong, W.F., W.Auerswald  
Medizinische Physiologie - Kurzgefaßtes Lehrbuch  
2.Aufl., Springer - Berlin - 1972
- 21) Goodman, H.M.  
Multiple Effects of Growth Hormone on Lipolysis  
Endocrinology, 83 - (1968) - 300

- 22) Gries, F.A., K. Oberdisse  
Fettstoffwechselstörungen und Diabetes mellitus  
Dtsch. Med. Wschr., 95 - (1970) - 727
- 23) Gutsche, H.  
2-t-Auswertung der Glukosetoleranz  
Med. Klin., 65 - (1970) - 1698
- 24) Hales, C.N., F.J. Randle  
Immunoassay of Insulin with Insulin Antibody Precipitate  
Biochem. J., 84 - (1962) - 79
- 25) Hasselbach, W.  
Muskel-Physiologie  
Urban & Schwarzenberg - München - 1971
- 26) Hunter, W.M., W.J. Sukkar  
Changes in Plasma Insulin Levels during Muscular Exercise  
J. Physiol., 196 - (1968) - 110
- 27) Issekutz, B., N.C. Berkhead, K. Rohdal  
Fat and Carbohydrate in the Expenditure of Energy during Exercise  
J. Nutrition, 79 - (1963) - 109
- 28) Jarret, R.J., J.A. Baker, H. Keen, N.W. Oakley  
Diurnal Variation in Oral Glucose Tolerance: Blood Sugar and Plasma Insulin Levels Morning, Afternoon, and Evening  
Brit. Med. J., 1 - (1972) - 199

- 29) Jorfeldt, L., J. Wahren  
Human Forearm Muscle Metabolism during Exercise.  
Quantitative Aspects of Glucose Uptake and Lactate  
Production during Prolonged Exercise  
Scand.J.clin.Lab.Invest., 26 - (1970) - 73
- 30) Kaeser, H.E.  
Muskulatur  
in W.Siegenthaler: Klinische Pathophysiologie, 2. Aufl.  
Thieme - Stuttgart - 1973
- 31) Karlson, P.  
Kurzes Lehrbuch der Biochemie  
6. Aufl., Thieme - Stuttgart - 1967
- 32) Karp, M., M. Brown, Z. Laron  
A Contribution to the Interpretation of the Oral  
Glucose Tolerance (OGTT)  
Diabetologia, 8 - (1972) - 381
- 33) Kirchner, P. H. Rind, E. Gladke  
Störung des intravenösen Glukosetoleranztestes durch  
Muskeltätigkeit  
Dtsch. Med. Wschr., 94 - (1969) - 1045
- 34) Klensch, H.  
Blutkatecholamine und Fettsäuren beim Streß durch  
Rauchen und körperliche Arbeit  
Zschr. Kreislaufforsch., 55 - (1966) - 1035
- 35) Knick, B.  
Endokrinologische Funktionsdiagnostik in der Praxis -  
Funktionsdiagnostik des endokrinen Pankreas  
Zschr. Allg. medizin, 48 - (1972) - 1390

- 36) Krick, L.O.  
Der Einfluß der Schilddrüsenhormone, des Adrenalins,  
Wachstumshormons und Dexamethasons auf den Kohlen-  
hydratstoffwechsel und Fettstoffwechsel isolierter  
Rattenfettzellen  
Dissertation, Universität München 1973
- 37) Lehninger, A.L., T. Hartmann  
Bioenergetik, Molekulare Grundlagen der biologischen  
Energieumwandlungen  
Thieme - Stuttgart - 1970
- 38) Levine, R.  
Analysis of the Glucose Transport Theory of Insulin  
Action  
Int. Congress Series, Excerpta med., 83 - (1965) - 30
- 39) Lipman, R.L., P. Raskin, T. Love, J. Triebwasser, F.R. Lecocq,  
J.J. Schnure  
Glucose Intolerance during Decreased Physical Activi-  
ty in Man  
Diabetes, 21 - (1972) - 101
- 40) Maidorn, K., J. Schlegel, L. Röcker  
Glukosetoleranztest im Liegen oder Sitzen ?  
Diagnostik, 8 - (1975) - 158
- 41) Matthes, K.J.  
Kohlenhydratstoffwechsel  
in H.A. Kühn, H.G. Lasch: Untersuchungsmethoden und Funk-  
tionsprüfungen in der inneren Medizin, Band II  
Thieme - Stuttgart - 1975

- 42) Mehnert, H., H. Förster  
Stoffwechselkrankheiten, Biochemie und Klinik  
2. Aufl., Thieme - Stuttgart 1975
- 43) Menuhan, L.A., O. Wieland  
Interactions of Glucagon and Insulin on the Metabolism of Perfused Livers from Fasted Rats  
Europ. J. Biochem., 9 - (1969) - 55
- 44) Mersman, H.J., H.L. Segal  
An On-Off Mechanism for Liver Glycogensynthetase Activity  
Proc. nat. Acad. Sci., 58 - (1967) - 1688
- 45) Michal, G.  
Biochemical Pathways  
Boehringer Mannheim 1972
- 46) Moxness, K.E., G.D. Molnar, W.F. McGuckin  
Exercise and Blood Glucose Concentration in Intact and Pancreatectomized Dogs  
Diabetes, 13 - (1964) - 37
- 47) Reinheimer, W., P.C. Davidson, M.J. Albrink  
Effect of Moderate Exercise on Plasma Glucose, Insulin and Free Fatty Acids during Oral Glucose Tolerance Tests  
J. Lab. clin. Med., 71 - (1968) - 429
- 48) Reiser, M.  
Die Wirkung von Sekretin, Cholezystokinin und intra-duodenal verabreichter Rindergalle auf die Insulinsekretion  
Dissertation, Universität München 1974

- 49) Saameli, K.  
Die pharmakologische Charakterisierung  $\beta$ -sympathicolytischer Substanzen: - Rezeptoren und  $\beta$ -Rezeptoren in Dengler, H.J.: Die Therapeutische Anwendung  $\beta$ -sympathicolytischer Stoffe, Schattauer - Stuttgart 1972
- 50) Söling, H.D.  
Zum Mechanismus der akuten Insulinwirkung  
Münch. Med. Wschr., 117 - (1975) - 1635
- 51) Sols, A., A. Sillero, J. Salas  
Insulinindependent Synthesis of Glucokinase  
J. Cell. comp. Physiol., 66 - (1965) - 23
- 52) Sommer, R., W. Herbinger  
Die Validität der Einzel- und Summenwerte beim oralen Glukosetoleranztest  
Wiener Med. Wschr., 122 - (1972) - 659
- 53) Steele, R.  
The Influence of Insulin on Hepatic Metabolism of Glucose  
Ergebn. Physiol., 57 - (1966) - 91
- 54) Sutherland, E.W., T.W. Rall  
The Relation of Adenosin-3'-5'-phosphate and Phosphorylase to the Action of Catecholamines and other Hormones  
Pharmacol. Rev., 12 - (1960) - 265
- 55) Sutherland, E.W., A. Robinson  
The Role of Cyclic AMP in the Control of Carbohydrate Metabolism  
Diabetes, 18 - (1969) - 797

- 56) Tausk, M.  
Pharmakologie der Hormone  
2. Aufl. Thieme - Stuttgart 1973
- 57) Vague, P., H. Heim, C. M. Laval, M. Vegezzi, C. Di Campo  
Hormonal and Metabolic Variations after Moderate  
Exercise in Normal, non Diabetic Obese, and Insulin-  
treated Diabetic Subjects  
Diabetologia, 9 - (1973) - 94
- 58) Whichelow, M. J., W. J. H. Butterfield, M. E. Abrams, G. Sterky,  
C. J. Garratt  
The Effect of Mild Exercise on Glucose Uptake in  
Human Forearm Tissues in the Fasting State and after  
Oral Glucose Administration  
Metabol., 17 - (1968) - 84
- 59) Zahnd, G. R., J. Steinke, A. E. Renold  
Early Metabolic Effects of Human Growth Hormone  
Proc. Soc. Biol., 105 - (1960) - 455

## LEBENS LAUF

Am 22.12.1949 wurde ich als Sohn des Architekten Ernst Baborka und seiner Ehefrau Anna Baborka, geb. Lechner, in München geboren.

Von 1956 bis 1960 besuchte ich die Volksschule in München, um dann auf das humanistische Ludwigs-Gymnasium in München überzuwechseln, wo ich 1969 die Reifeprüfung ablegte.

Direkt im Anschluß an das Abitur leistete ich bis Dezember 1970 den 18-monatigen Grundwehrdienst im Sanitätswesen der Bundeswehr ab.

Im Sommersemester 1971 nahm ich das Medizinstudium an der Ludwig-Maximilians-Universität München auf. Dort legte ich im Wintersemester 1971/72 die naturwissenschaftliche, und im Wintersemester 1972/73 die ärztliche Vorprüfung ab.

Am 21.3.1975 heiratete ich meine Frau Margot Baborka, geb. Dahmen.

Das Medizinische Staatsexamen legte ich am 13.9.1976 ab.





